



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES

INDUSTRIALES

**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA MEDIANTE LA TARJETA RASPBERRY PI XX
PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BAJA CILINDRADA DE
50 A 150 CC”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES

INDUSTRIALES

AUTOR: ROLANDO XAVIER OSTAIZA Y ÁNEZ.

TUTOR: ING. EDWIN ALTAMIRANO SANTILLÁN.

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Rolando Xavier Ostaiza Yáñez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Proyecto Técnico: "DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MEDIANTE LA TARJETA RASPBERRY PI XX PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BAJA CILINDRADA DE 50 A 150 CC", de responsabilidad del señor ROLANDO XAVIER OSTAIZA YÁNEZ, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Washington Luna.

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.**



24-07-2019

Ing. Freddy Chávez V.

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.**



24-07-2019

Ing. Edwin Altamirano S.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



24-07-2019

Ing. Marco Viteri.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL.



24-07-2019

“Yo, Rolando Xavier Ostaiza Yáñez, declaro ser responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y, el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Rolando Xavier Ostaiza Yáñez

220005545-3

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios por que todo se lo debemos a Él, cada paso que damos, cada meta que cumplimos es Él quien nos da su bendición para no rendirse y llegar a la meta propuesta. A mis padres, por su esfuerzo inmenso de darme los recursos necesarios para culminar mi carrera, por su infinito amor. A mis hermanos, por darme consejos atinados que de inmediato los pongo en práctica, porque eso no se aprende en la Universidad, se aprende en el hogar. A mis amigos, que también son fundamentales para llegar muy lejos y cumplir tus sueños.

Rolando Xavier Ostaiza Yánez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones derramadas en el transcurso de mi vida, por darme salud y paz para seguir adelante. A mis padres, Ramón Ostaiza y María Yáñez por siempre estar presente en todos los momentos de mi vida, ayudándome a cumplir mis sueños, por demostrarme con sus gestos, paciencia y apoyo incondicional que el amor de los padres es vital para mantener a la familia unida. A todos mis hermanos, Luis, Kassandra, Cristhian y Ramón, por enseñarme lo fuertes que podemos ser cuando estamos juntos, por darme su confianza e inspiración para no decaer en ningún momento y motivarme a culminar este sueño. A mis amigos y familiares más cercanos, por haber compartido momentos inolvidables que me sirvieron de mucho para conocerlos y saber quiénes son verdaderos amigos.

Rolando Xavier

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xivv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvii
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1	Sistemas Embebidos o Empotrados	5
1.1.1	<i>Componentes de los Sistemas Embebidos</i>	6
1.1.2	<i>Sistemas Operativos de Embebidos</i>	7
1.2	La Motocicleta	8
1.2.1	<i>Tipos de motocicletas</i>	8
1.3	Motores de combustión interna	8
1.4	Motor de combustión interna de dos tiempos.....	9
1.4.1	<i>Partes de un motor de dos tiempos</i>	9
1.4.2	<i>Funcionamiento de un motor de dos tiempos</i>	10
1.4.3	<i>Tipos de motores de dos tiempos</i>	12
1.5	Sensores	13
1.5.1	<i>Tipos de Sensores</i>	13
1.6	El Sistema de inyección electrónica en motocicletas	14
1.7	Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónica en motocicletas	15
1.8	Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible	16
1.8.1	<i>Según el número de Inyectores se clasifican en Monopunto y Multipunto</i>	16
1.8.2	<i>Clasificación del Inyector por la ubicación</i>	17

1.8.3	<i>Sistemas de inyección según la cantidad de veces que inyectan combustible</i>	18
1.9	Componentes de un sistema de inyección electrónica	18
1.10	Alimentación del combustible al conducto de admisión.	19
1.11	Los Sensores	20
1.11.1	<i>Sensor de posición de la mariposa (TPS)</i>	20
1.11.2	<i>Sensor presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)</i>	21
1.11.3	<i>Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)</i>	21
1.11.4	<i>Sensor de temperatura del anticongelante del motor (ECT)</i>	22
1.11.5	<i>Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)</i>	23
1.12	Tarjetas de Desarrollo	23
1.13	Microprocesador Raspberry Pi 3 B+.	24
1.13.1	<i>Hardware de la placa Raspberry Pi 3 B+</i>	25
1.13.2	<i>Sistemas Operativos de la Placa Raspberry Pi 3 B+</i>	26
1.13.2.1	<i>Entorno Raspbian Stretch v2.4.5</i>	26
1.14	Lenguaje Python	27
1.15	Microcontrolador Arduino Uno R3	27
1.15.1	<i>Características técnicas del Arduino Uno R3</i>	28

CAPÍTULO II

2.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	29
2.1	Diagrama de bloques del funcionamiento del prototipo	30
2.1.1	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento del prototipo de inyección electrónica</i>	31
2.2	Requisitos de Hardware del Prototipo	33
2.2.1	<i>Sistema de control del prototipo</i>	33
2.2.2	<i>El Sensor de posición de mariposa (TPS)</i>	33
2.2.2.1	<i>Características del sensor TPS</i>	34
2.2.3	<i>El Sensor de presión atmosférica MAP y sensor de temperatura de aire IAT</i>	35
2.2.3.1	<i>Característica del sensor MAP</i>	36
2.2.3.2	<i>Características del sensor IAT</i>	37
2.2.4	<i>El sensor de temperatura del refrigerante (ECT)</i>	38

2.2.4.1	<i>Características del sensor ECT</i>	39
2.2.5	<i>El Sensor magnético CKP</i>	40
2.2.5.1	<i>Características del sensor CKP</i>	41
2.3	Placa de interconexión de los componentes del prototipo	42
2.3.1	<i>Descripción de los componentes y conexión de los elementos del prototipo de Inyección Electrónica.</i>	43
2.4	Instalación del sistema de inyección electrónica en la moto de 100 cc.	43
2.5	Dimensionamiento y selección del sistema de inyección electrónica de combustible para el motor Suzuki Ax 100 de dos tiempos.	44
2.6	Selección del regulador de presión de combustible	46
2.7	Software de desarrollo para el prototipo de inyección electrónica	47
2.7.1	<i>Instalación y configuración del software del inyector</i>	47
2.7.2	<i>Configuración del sistema operativo Raspbian</i>	48
2.7.2.1	<i>Actualizaciones del sistema operativo Raspbian</i>	48
2.7.2.2	<i>Configuración de la IP Estática de la Raspberry Pi 3 B+</i>	48
2.7.2.3	<i>Activación del puerto USB para lectura y escritura de datos.</i>	49
2.7.3	<i>Programación de la aplicación de control en PYTHON</i>	49
2.8	Consumo de corriente y voltaje del sistema electrónico y sensores	50
2.9	Programa de transmisión de datos de los sensores implementados en el prototipo.	51
2.9.1	<i>Desarrollo del script para el arranque automático.</i>	53

CAPÍTULO III

3.	PRUEBAS Y RESULTADOS	54
3.1	Pruebas de consumo de combustible.	54
3.1.1	<i>Pruebas del consumo de combustible con el carburador en 8 Km</i>	54
3.1.2	<i>Pruebas con el inyector electrónico con una compensación de voltaje de 200.</i>	56
3.1.3	<i>Pruebas con el inyector electrónico con una compensación de voltaje de 300.</i>	56
3.1.4	<i>Análisis de eficiencia del sistema de inyección electrónica</i>	57

3.2	Cálculo del tiempo de activación del inyector y densidad del aire del colector de admisión	59
------------	---	-----------

CONCLUSIONES.....	62
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	63
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Inyección electrónica vs carburador -----	15
Tabla 2-1: Características de la Placa Raspberry Pi 3 B+-----	25
Tabla 1-2: Datasheet del Sensor de Mariposa de Admisión se aire, TPS-----	34
Tabla 2-2: Datasheet del sensor de presión atmosférica, MAP-----	37
Tabla 3-2: Terminales del sensor IAT-----	38
Tabla 4-2: Datasheet sensor de temperatura del refrigerante, ECT -----	40
Tabla 5-2: Datasheet del sensor magnético, CKP-----	42
Tabla 6-2: Características técnicas del inyector electrónico de combustible-----	45
Tabla 7-2: Consumo de corriente y voltaje del sistema electrónico y sensores-----	51
Tabla 1-3: Datos de consumo del carburador en los 8Km -----	55
Tabla 2-3: Datos consumo de combustible con inyección electrónica con una compensación de voltaje de 200 -----	56
Tabla 3-3: Datos consumo de combustible con inyección electrónica con una compensación de voltaje de 300 -----	57
Tabla 4-3: Comparación de consumo de combustible entre el fabricante, carburador e inyección electrónica -----	58
Tabla 5-3: Presupuesto económico del prototipo implementado -----	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Hardware de un sistema embebido	6
Figura 2-1:	Partes de un motor de dos tiempos	10
Figura 3-1:	Primera y segunda fase (Admisión - Compresión)	11
Figura 4-1:	Tercera y cuarta fase (Explosión - Escape).....	12
Figura 5-1:	Sistema de inyección electrónico básico de una motocicleta	14
Figura 6-1:	Sistema de Inyección Monopunto	16
Figura 7-1:	Sistema de Inyección Multipunto	17
Figura 8-1:	Inyección Directa	17
Figura 9-1:	Inyección Indirecta	18
Figura 10-1:	Sensor de Posición de la Mariposa (TPS).....	20
Figura 11-1:	Sensor de Presión Atmosférica de Manila (MAP).....	21
Figura 12-1:	Sensor de Temperatura de Aire de Admisión (IAT)	22
Figura 13-1:	Sensor de Temperatura de Refrigeramiento de Motor (ECT).....	22
Figura 14-1:	Sensor de Posición de Cigüeñal, CKP	23
Figura 15-1:	Placa de desarrollo, Raspberry Pi 3 B+	25
Figura 16-1:	Raspbian Stretch v2.4.5	26
Figura 17-1:	Placa Arduino Uno R3	27
Figura 1-2:	Diagrama en bloques del prototipo	29
Figura 2-2:	Diagrama de bloques del proceso de adquisición de señales.	31
Figura 3-2:	Flujograma del funcionamiento del prototipo de inyección electrónica	32
Figura 4-2:	Sistema de control del prototipo	33
Figura 5-2:	Sensor de posición de mariposa (TPS)	34
Figura 6-2:	Circuito del sensor TPS	35
Figura 7-2:	Curva característica del sensor TPS.....	35
Figura 8-2:	Sensores de Presión Atmosférica MAP, y sensor de Temperatura IAT	36
Figura 9-2:	Circuito del sensor TPS.....	36
Figura 10-2:	Curva característica del sensor MAP.	37
Figura 11-2:	Circuito del sensor IAT	38
Figura 12-2:	Curva característica del sensor IAT.....	38
Figura 13-2:	Sensor de temperatura del refrigerante ECT.....	39
Figura 14-2:	Circuito del sensor ECT..	39
Figura 15-2:	Curva característica del sensor ECT	40

Figura 16-2: Sensor CKP, sensor de cigüeñal.....	41
Figura 17-2: Circuito del sensor CKP.....	41
Figura 18-2: Curva característica del sensor CKP.....	42
Figura 19-2: Placa de interconexión de los componentes del prototipo	43
Figura 20-2: Diagrama eléctrico en bloques del prototipo.	44
Figura 21-2: Cuerpo de aceleración del motor.	45
Figura 22-2: Bomba de presión de combustible.....	46
Figura 23-2: Pantalla de Instalación del SO Raspbian	47
Figura 24-2: Activación del acceso remoto SSH.....	48
Figura 25-2: Configuración IP estática mediante la aplicación PUTTY	59
Figura 26-2: Código de la aplicación de control del prototipo	50
Figura 27-2: Comunicación entre el Arduino Uno R3 y el Raspberry Pi 3 B+	52
Figura 28-2: Líneas de codificación de lectura de datos de los sensores del prototipo.....	52
 Figura 1-3: Puesta de combustible en el tanque de reservorio.....	 55
Figura 2-3: Desplazamiento angular del sensor CKP.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Eficiencia del sistema en el consumo.....	58
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Características técnicas de la motocicleta Suzuki, Ax 100
- Anexo B** Motor de la motocicleta Suzuki Ax 100, plano dimensional
- Anexo C** Sistema integrado de sensores
- Anexo D** Estructura compuesta, cuerpo del acelerador e inyector.
- Anexo E** Montaje del sistema de inyección
- Anexo F** Pruebas del sistema de inyección adaptado a una motocicleta Suzuqui Ax 100
- Anexo G** Manual de calibración del cuerpo de aceleración

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PC:	Computador Personal.
MHz:	Megahertz.
VCC:	Voltaje de corriente Continua.
VCD:	Voltaje de corriente Directa.
CPU:	Unidad central de proceso.
CC:	Corriente continua.
V:	Voltaje.
I/O:	Entrada/Salida (Input/Output).
RAM:	Memoria de acceso aleatorio.
ROM:	Memoria de sólo lectura.
A:	Amperios.
RTC:	Reloj en tiempo real.
USB:	Bus Universal en Serie.
SO:	Sistema Operativo.
TPS:	Sensor de posición de la mariposa.
MAP:	Sensor presión absoluta del múltiple de admisión.
IAT:	Sensor de temperatura de aire de admisión.
ETC:	Sensor de temperatura del anticongelante del motor.
CKP:	Sensor de Posición del Cigüeñal.
CMP:	Sensor de Posición de árbol de leva.
SD:	Capacitor discharge ignition
CDI:	Velocidad de densidad

RESUMEN

Se desarrolló un prototipo de inyección electrónica mediante la tarjeta Raspberry Pi 3 B+, para motores de motocicletas (Suzuki Ax 100), de dos tiempos con un cilindraje de 100 [cc], como una alternativa a los sistemas tradicionales de carburación. Para la elaboración del sistema se utilizó un conjunto de sensores como: sensor de posición de mariposa (TPS), sensor de posición del cigüeñal (CKP), sensor de temperatura del aire de admisión (IAT), sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP) y sensor de la temperatura del refrigerante (ECT); se acopló un cuerpo de aceleración diseñado para mejorar la eficiencia del motor, reducción del consumo de combustible y reducción de gases contaminantes. Se calculó la cantidad de combustible que se debe entregar al inyector para realizar la mezcla ideal requerida en el ciclo termodinámico de admisión, para su posterior combustión en la etapa de explosión en la cámara del cilindro. Las señales obtenidas en el cuerpo de aceleración se procesan mediante algoritmos, que son codificados bajo el lenguaje Python, con el fin de determinar el tiempo de activación del inyector. A partir del desarrollo del prototipo se verificó la optimización del consumo de combustible, un mejor rendimiento del motor y la reducción de la emisión de gases tóxicos a la atmosfera. Se concluye que la implementación del sistema de inyección electrónica brinda una mayor eficiencia con un ahorro del 31.72% de consumo del combustible, teniendo que por cada litro de consumo de combustible se tiene un recorrido de 8 Km; demostrándose la mejor alternativa económica, ecológica y sostenible. Se tomó en cuenta que, para su mejor desempeño y eficiencia en los sistemas de inyección electrónica, la selección del tipo de sensor y la calibración son relevantes para la implementación del prototipo.

Palabras Claves: <SISTEMAS DE CONTROL>, <COMBUSTIÓN>, <INYECCIÓN ELECTRÓNICA>, <ETAPA DE ADMISIÓN>, <SENSORES>, <PYTHON (SOFTWARE)>, <MOTOR DE DOS TIEMPOS>.



ABSTRACT

A prototype of electronic injection was developed using the Raspberry Pi 3 B+ card, for motorcycle engines (Suzuki Ax 100), two-stroke with a displacement of 100 [cc], as an alternative to traditional carburetion systems. For the development of the system used a set of sensors such as: butterfly position sensor (TPS), crankshaft position sensor (CKP), intake air temperature sensor (IAT), absolute pressure sensor of the intake manifold (MAP) and coolant temperature sensor (ECT); An acceleration body was designed to improve engine efficiency, reduce fuel consumption and reduce polluting gases. The amount of fuel that is delivered to the injector was calculated to perform the ideal mixture required in the thermodynamic intake cycle, for its subsequent combustion in the explosion stage in the cylinder chamber. The signals processed by algorithms in the acceleration body, it encoded under the Python language, in order to determine the activation time of the injector. From the development of the prototype, it was verified the optimization of the fuel consumption, better performance of the engine and the reduction of the emission of toxic gases to the atmosphere. It concluded that the implementation of the electronic injection system provides greater efficiency with a saving of 31.72% of fuel consumption, taking that for each liter of fuel consumption there is a route of 8 Km; demonstrating the best economic, ecological and sustainable alternative. It was taken into account its better performance and efficiency in the electronic injection systems, the selection of the type of sensor and the calibration are relevant for the prototype implementation.

KEYWORDS: <CONTROL SYSTEMS>, <COMBUSTION>, <ELECTRONIC INJECTION>, <ADMISSION STAGE>, <SENSORS>, PYTHON (SOFTWARE), <ENGINES TWO-STROKE >



INTRODUCCIÓN

Un sistema de inyección electrónica es una forma de dosificar la mezcla ideal en el motor que se incorpora en la industria automotriz de motores a gasolina y diésel, su principal característica es permitir que el motor reciba solamente la cantidad de combustible requerido, garantizando mayor potencia, mejor rendimiento, menor consumo de combustible y la reducción de contaminantes en el medio ambiente.

Debido a que la mayoría de motocicletas todavía utilizan motores con carburador entre 50 y 250 [CC], el desarrollo de computadoras y dispositivos electrónicos o simplemente modelos que ya no se venden en el mercado, se implementa este nuevo sistema de inyección de combustible para que los modelos actuales proporcionen un mejor arranque en frío, una mejor respuesta del acelerador, mejor eficiencia de combustible, menos mantenimiento en periodos largos, etc.

Este proyecto de tesis tiene como objetivo desarrollar un prototipo de inyección electrónica mediante la tarjeta Raspberry Pi3 B+, para motores de motocicletas Suzuki Ax 100 (véase anexo A), de dos tiempos de baja cilindrada de 50 [cc] a 150 [cc], como alternativa a los motores de diseño antiguo obteniendo un alto rendimiento y mejor funcionamiento del motor.

El desarrollo de este trabajo de investigación se estructura en 3 bloques, así en el capítulo 1 se presenta los conceptos de inyección electrónica sus características y funcionamiento, la placa y el lenguaje de programación utilizado (Raspberry PI3 B+ Python).

En el capítulo 2 se describe la metodología utilizada para el desarrollo de este documento, el cual consiste en seleccionar y dimensionar los dispositivos electrónicos adecuados para la implementación del sistema de inyección electrónica, seguidamente en el tercer capítulo se realiza el diseño que permita mejorar las características de funcionamiento del motor Suzuki Ax100. A continuación, se exponen las pruebas realizadas del prototipo implementado, se realiza el análisis de los diferentes factores sensados, para en relación a estas características obtenidas optimizar la inyección, y, por último, se da a conocer las conclusiones y recomendaciones producto del estudio realizado.

ANTECEDENTES

A principios de los años 80, se inicia el desarrollo de la inyección electrónica en las motocicletas, debido a que el control de las emisiones de gases tóxicos es cada vez más estricto aparece este nuevo sistema de inyección electrónica de combustible.

La compañía italiana Athena en el 2011, desarrolló un sistema de inyección directa para motores de dos tiempos, mostrando que es de fácil instalación, y que se pueden obtener de este sistema mejores características de funcionamiento como son la ganancia de potencia, un sistema de baja presión para el combustible y una disminución de emisión de gases contaminantes. (L. Font, 2012)

A través de los años los sistemas mecánicos de alimentación de combustible, han avanzado conjuntamente con la tecnología, dando paso al sistema de inyección electrónica, necesario para mejorar la eficiencia del motor, optimizar el consumo del combustible y reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Actualmente las motocicletas ya sean grandes y pequeñas necesitan disminuir las emisiones de contaminantes en la atmosfera esto se logra gracias a la inyección electrónica, convirtiéndose este sistema en la calve tecnológica para la industria automotriz.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influirá la inyección electrónica en los motores de dos tiempos para controlar el ingreso de combustible en el motor, ahorro de combustible y eficiencia en el desempeño?

SITEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es un óptimo método para la inyección electrónica de un motor de dos tiempos?
- ¿Qué dispositivos electrónicos son necesarios para la implementación del sistema de inyección electrónica?
- ¿Qué técnicas nos ayudaría a la validación del comportamiento del sistema de inyección electrónica respecto a la disminución de gases contaminantes para el medio ambiente?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los sistemas de inyección de combustible mediante carburador, están siendo reemplazados por nuevos diseños electrónicos debido a importantes avances tecnológicos, facilitando investigaciones para beneficio de la humanidad; como es el desarrollo de sistemas óptimos de inyección electrónica, capaces de disminuir el consumo de combustible y alcanzar una mayor eficiencia del motor; en el siguiente trabajo de titulación se utilizarán sensores de diferentes funcionalidades por su alta fidelidad. Por medio de este proyecto de investigación se pretende desarrollar e implementar un prototipo de inyección electrónica para motores de dos tiempos.

Actualmente se ha usado sistemas de inyección electrónica, gracias a las prestaciones que presenta y su uso en los diferentes tipos de industrias, donde se necesita mejorar la eficiencia de sus motores. Los sistemas de inyección directa son de los más usados debido a que su implementación en modelos recientes, ha permitido que este sistema esté presente en una amplia gama de vehículos, una de las características de este sistema es la capacidad de inyectar el combustible directamente en la cámara de combustión. (Sánchez & Delgado, 2012, p.24)

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Un sistema de inyección electrónica para motores de dos tiempos beneficia al medio ambiente debido a la reducción de gases contaminantes, optimiza el rendimiento del motor, y mejora el consumo de combustible.

Este sistema se desarrollará, con sensores detectores de presión, aire, temperatura, posición y aceleración, estos envían una señal al dispositivo de control que le permitirá graduar la cantidad de mezcla que va a proyectar a través del combustible por medio de los inyectores. El dispositivo de control también se encargara de energizar la bomba de combustible y los inyectores, la bomba envía bajo presión desde el depósito de combustible hasta los inyectores en un flujo constante; el dispositivo de control determinara el tiempo específico de apertura para la segregación del combustible en la mezcla aire de una forma estequiométrica, luego los actuadores como la bujía y la bobina de corriente se encargan de dar la chispa de encendido dentro de la cámara de combustión del cilindro.

Todo este proceso estará controlado por la tarjeta Raspberry Pi XX en la cual se concentran todos los datos que son enviados por los sensores en cuanto a: presión, aire, posición, aceleración y temperatura, para mejorar la eficiencia del motor.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de inyección electrónica mediante la tarjeta Raspberry Pi XX para motores de dos tiempos de baja cilindrada de 50 a 150 [cc].

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el proceso de inyección electrónica en motores de combustión interna.
- Seleccionar y dimensionar los dispositivos electrónicos adecuados para la implementación del sistema de inyección electrónica.
- Diseñar e implementar el sistema de inyección actual del motor de dos tiempos por el de inyección electrónica.
- Validar las pruebas y resultados del sistema de inyección electrónica.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se define los conceptos específicos de los elementos, dispositivos, microcontroladores y todos los softwares necesarios para la implementación del sistema de inyección electrónica.

1.1 Sistemas Embebidos o Empotrados

Un sistema embebido es un sistema informático que está totalmente encapsulado por el dispositivo que controla el inyector electrónico, éste constituye un sistema computacional resultado de la combinación de hardware y software que llevan una variedad de funcionalidades. El sistema de embebido, es independiente o parte de uno más grande; su software se aloja en la memoria estática (ROM) por lo que es indiferente de la memoria dinámica (RAM).

Se denominan sistemas empotrados porque forman parte de un sistema completo. Este sistema, puede estar compuesto por microcontroladores o microprocesadores. El término empotrado implica que se encuentra alojado dentro del sistema del equipo, no se lo puede mantener a simple vista, y forma parte de un conjunto más grande. (Pérez, 2009, p.04)

El sistema ejecuta tareas específicas de forma repetitiva, a diferencia de sistemas computacionales ordinarios que ejecutan una cantidad de procesos. Un sistema embebido presenta dos características que lo distingue de otros sistemas computacionales, las cuales son:

- a) Presenta ciertas limitaciones de implementación como pueden ser de diseño, tamaño, costo, desempeño, consumo energético, etc. Un sistema embebido por lo general debe ser económico, de tamaño reducido, buen desempeño de procesamiento datos en tiempo real.
- b) Capacidad de funcionamiento ante cambios ambientales, sin interrumpir su operación ni afectar funciones otorgadas.

1.1.1 Componentes de los Sistemas Embebidos

Los elementos principales de un sistema empujado son: Hardware del Equipo y Software del Sistema.

- **Hardware del Equipo**

Se refiere a los componentes físicos del equipo que se usa en sistemas embebidos, es parte importante para el desempeño y procesos que requieran el software, para poder ejecutar con fidelidad los procesos para los que fue diseñado el sistema. Muchos sistemas embebidos han mostrado una evolución en relación a sistemas comunes de cómputo como: el tamaño, el consumo energético, su funcionalidad, eficiencia en capacidad de procesamiento, entre otros.

En la figura 1-1, se muestran los componentes del hardware de un sistema embebido.



Figura 1-1: Hardware de un sistema embebido

Fuente: http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/02_Sistemas_Embebidos_2015.pdf

Placas (Unidad Central de Proceso)

Encargada de la ejecución de todas las operaciones y movimiento de datos entre el microprocesador, la memoria y los dispositivos de E/S.

En un sistema embebido el procesamiento, es realizado por un microcontrolador que ejecuta un programa de control para cumplir con determinadas tareas o funcionalidades.

Periféricos (sensores/actuadores)

Sensores: Son dispositivos eléctricos o mecánicos que convierten magnitudes físicas en valores medibles de dicha magnitud.

Actuadores: Son elementos electrónicos que el sistema controla, puede ser un motor eléctrico, un conmutador tipo relé, etc. El más habitual puede ser una salida de señal PWM para control de la velocidad en motores de corriente continua.

Comunicaciones (Buses/Puertos)

Un sistema puede comunicarse mediante interfaces estándar de cable o inalámbricas. Así un sistema integrado normalmente incorporará puertos de comunicaciones del tipo RS-232, RS-485, IP, Wi-Fi, GSM, I2C (Circuito Inter-Integrado), SPI (Bus de Interface periférico en serie), USB (Universal Serial Bus), etc.

- **Software del Sistema**

El Software es el sistema que se ejecutará en segundo plano, el usuario no lo puede ver, realiza procesos repetitivos para los que fue programado.

El software que controla un dispositivo de hardware, se lo conoce como Firmware. Un sistema embebido se puede programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o por medio de un microprocesador incorporado sobre el mismo, o a través de compiladores específicos, se pueden utilizar lenguajes como C o C++.

El software que se ejecutan en sistemas embebidos es programado bajo restricciones de interés para su diseño, entre las cuales se cita las más importantes:

- Uso mínimo de espacio de memoria.
- Tamaño limitado de paquetes para procesar, debido a la velocidad que prestan los procesadores actuales en el mercado para este tipo de sistemas.
- Optimizar el consumo energético en etapas de ejecución o espera de procesos, a más de buscar y evitar el deterioro de los componentes.

1.1.2 *Sistemas Operativos de Embebidos*

Un SO (sistema operativo) embebido ha sido creado para un sistema de computación limitado a un número fijo y escaso de tareas. Los sistemas operativos son el medio por el cual interactúa el usuario con el sistema embebido, por medio de una interfaz para administrar recursos. Estos sistemas se caracterizan por trabajar en tiempo real.

1.2 La Motocicleta

Es un vehículo automotor de dos ruedas que tiene un motor de combustión interna y un chasis, los modelos estándar pueden transportar a 2 personas, sin embargo, en la actualidad existen nuevos desarrollos y modelos que permiten transportar hasta 3 pasajeros y carga extra. Las motos tienen su poder de tracción en una de sus ruedas.

1.2.1 Tipos de motocicletas

Los diseños del chasis, motor y llantas dependen del tipo de terreno, las necesidades del motociclista, las más conocidas son:

Las de ciudad:

- Estándar
- Deportivas
- De turismo
- Crucero
- Ciclomotor
- Chopper

Las de campo o todo terreno:

- Cross
- Enduro
- Cuatrimoto

También se pueden clasificar por el cilindraje del motor, como pueden ser de 50 CC, 100 CC, 125 CC, 150 CC, 200 CC, 250 CC, 500 CC y las de más cilindraje como: 2.294 CC.

1.3 Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna es una máquina que transforma energía química, proveniente de un combustible, en energía mecánica. Este tipo de motores se clasifican bajo ciertos criterios:

- Según el tipo de combustible: Motores a gasolina, motores a diésel y motores a gas.
- Según el ciclo operativo: Motor de dos tiempos y motor de cuatro tiempos.

- Según el sistema de admisión del combustible: Motor de inyección y Carburador (gasolina).

1.4 Motor de combustión interna de dos tiempos

Un motor de dos tiempos también conocido como motor de dos ciclos, hace referencia a un motor de combustión interna que lleva a cabo las cuatro fases del ciclo termodinámico: admisión, compresión, explosión y escape, en sólo dos movimientos lineales del pistón.

Este tipo de motor es ideal para motocicletas y vehículos de poca cilindrada, ya que son económicos, livianos, pero poco ecológicos. También se los utiliza en aquellas aplicaciones que no requieren de mucha potencia, tales como, cortadoras de césped, motosierras, entre otros.

Para que un motor de dos tiempos funcione correctamente necesita de un mantenimiento regular, una mezcla de combustible adecuada y de un carburador bien calibrado.

1.4.1 Partes de un motor de dos tiempos

Al igual que otro tipo de motores, un motor de dos tiempos consta de las siguientes partes:

Culata: es la tapa que cierra el cilindro, soporta la bujía y forma parte de la cámara de combustión.

Bujía: Dispositivo ubicado en el cilindro encargado de hacer saltar la chispa eléctrica del encendido.

Cilindro: Es una pieza fundida cuyo material de fabricación puede ser de hierro o aluminio, en el interior de este es por donde se desplaza el pistón.

Cárter: Llamada también cámara de pre-compresión, es una caja metálica que aloja los mecanismos operativos de un motor.

Pistón: es una pieza cilíndrica de aleación que se mueve alternativamente en el interior del cilindro, permitiendo comprimir el fluido y realizar el movimiento.

Biela: es un elemento mecánico sujeto a esfuerzos de tracción y compresión. Su función es transmitir el movimiento al cigüeñal.

Cigüeñal: es el encargado de transformar el movimiento rectilíneo en circular, viceversa.

Carburador: Es un tubo esencial que controla el aire y la gasolina que fluye en un motor, este flujo de aire es mayor en un carburador de dos tiempos que en un carburador básico por tener más barrillas o tubos.

Un motor de dos tiempos tiene **dos lumbreras** en lugar de válvulas, que es por donde ingresa la mezcla de aire/combustible, y también por donde se realiza la lubricación. Según la posición del pistón, las lumbreras tienen el paso abierto o cerrado, tal como como se muestra en la figura 2-1.

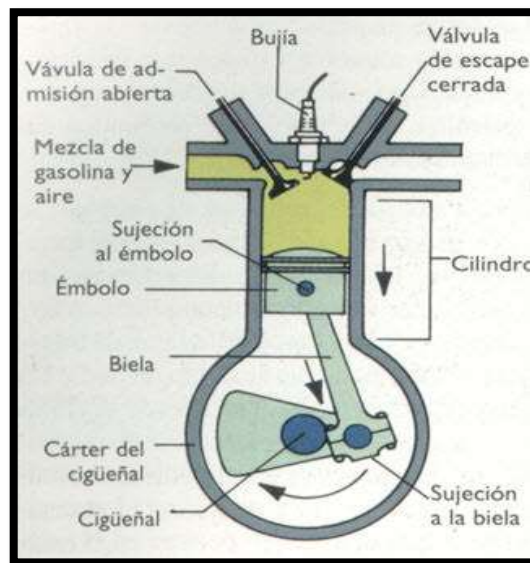


Figura 2-1: Partes de un motor de dos tiempos.

Fuente: <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

1.4.2 Funcionamiento de un motor de dos tiempos

El funcionamiento de un motor de dos tiempos consta de un ciclo de cuatro fases, las cuales ocurren en solo dos tiempos y son descritas a continuación.

Primer tiempo (Admisión - Compresión)

En el primer tiempo se producen la admisión y la compresión. Es decir, el pistón se desplaza ascendentemente hacia la culata desde su PMI (punto muerto inferior) y, durante este recorrido se abre la lumbrera de admisión a la altura del cárter, permitiendo que ingrese la mezcla de aire,

combustible y aceite. Simultáneamente inicia la compresión de la mezcla en el pistón como se indica en la figura 3-1.

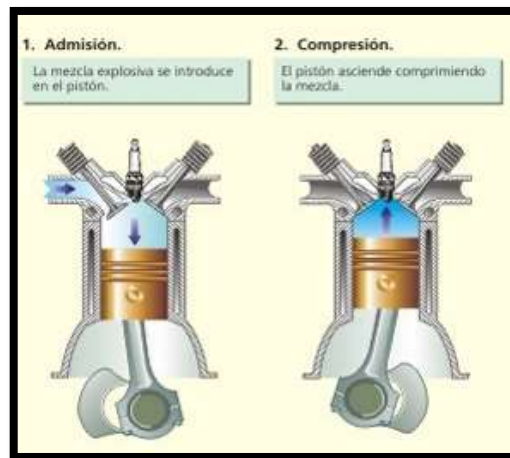


Figura 3-1: Primera y segunda fase
(Admisión - Compresión)

Fuente: <http://www.bicimotos.info/tipos-de-motores>

Segundo tiempo (Explosión - Escape)

Al terminar la fase de compresión comienza el proceso de combustión y escape de gases como se muestra en la figura 4-1. La bujía provoca una chispa que inicia el proceso de combustión, esto genera energía térmica que empuja el pistón hacia abajo, produciendo energía cinética al cigüeñal por medio de la biela.

En el momento indicado, el pistón libera la lumbrera de escape, que es por donde se expulsan los gases procedentes del calor, la combustión, y las ondas acústicas. Una vez que el pistón vuelve a alcanzar el PMI, inicia nuevamente el ciclo.

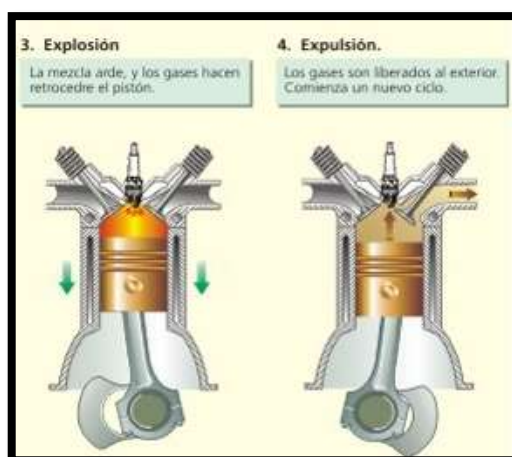


Figura 4-1: Tercera y cuarta fase
(Explosión - Escape)

Fuente: <http://www.bicimotos.info/tipos-de-motores>

1.4.3 Tipos de motores de dos tiempos

Actualmente existen motocicletas con motores de combustión interna de dos y cuatro tiempos los cuales se basan en el número de tiempos para completar sus ciclos de potencia.

Sin embargo, los motores de motocicletas pueden también clasificarse según la cilindrada y configuración, y por la capacidad de las cámaras de combustión.

- **Motores de motocicletas según su cilindrada y configuración.**

Los motores más habituales son de dos a seis cilindros, sin embargo, el más utilizado es el de dos cilindros cuya configuración es conocida como V-twin o configuración en V debido al ángulo que forman los dos cilindros al encontrarse uno al frente de otro.

Otras cilindradas y configuración que existen son:

Sencillo: Se caracteriza por tener un solo cilindro de forma vertical, inclinada u horizontal.

Doble en paralelo: Esta presenta dos cilindros colocados uno a lado del otro de manera vertical.

Doble opuestos: Tiene dos cilindros posicionados uno opuesto al otro de forma horizontal.

Triple en línea: Presentan tres cilindros en línea, los cuales pueden ser montados de forma transversal o longitudinal.

Existen motores con un número mayor a cuatro cilindros, a estos se los considera motores de alta cilindrada que también utilizan una configuración en V.

- **Motores de motocicletas según su capacidad**

Los motores más comunes van de 50 a 1500 centímetros cúbicos (cc), que hace referencia al tamaño de la cámara de combustión del motor relacionado directamente con la potencia que genera.

1.5 Sensores

Existen una gran variedad de sensores cuya función es traducir un estímulo físico o químico a una magnitud eléctrica. Esta magnitud pasa por una unidad de control donde es analizada y procesada con el propósito de ejecutar una acción.

1.5.1 Tipos de Sensores

Debido a que existen diferentes estímulos físicos y químicos, hay una amplia variedad de tipos de sensores entre los cuales tenemos:

Ultrasónico: Envía una onda de sonido que choca contra una superficie y se regresa. El sensor mide el tiempo que tarda en regresar la onda y así calcula la distancia entre objetos.

Humedad: Mide la humedad relativa y la temperatura del ambiente, constan con un punto fabricado con polímeros y electrodos de platino.

Velocidad: Detecta la velocidad de un objeto o vehículo, existen diferentes tipos como: de rueda, velocímetros para vehículos, LIDAR (Light Detection and Ranging), radares de velocidad, entre otros. Estos sensores ayudan a controlar la velocidad de un motor o revoluciones por minuto de una máquina.

Temperatura: Arroja información sobre la temperatura del medio u objeto a través de un impulso eléctrico dado en forma de voltaje, el cual es igual al valor de la temperatura medida que posee el objeto. En la industria automotriz existen diferentes tipos de sensores, como: de contacto, de no contacto, mecánicos y electrónicos.

Piroeléctricos: Este sensor se utiliza para medir la radiación de luz infrarroja expuesta alrededor de un objeto. Cuando un elemento irradia energía calorífica, emite ondas infrarrojas las mismas que son captadas por el sensor PIR, por ejemplo, son empleados en aperturas de puertas automáticas, ya que estos sensores detectan la señal infrarroja emitida por el movimiento del cuerpo y la envían al microcontrolador.

Sonido: Tienen el funcionamiento parecido al sensor ultrasónico, porque también recibe órdenes de forma remota como es la de medir distancias en base a la detección de ondas de sonido por medio de un sistema de sonar o micrófono.

1.6 El Sistema de inyección electrónica en motocicletas

Un sistema de Fuel Injection o inyección electrónica, es un sistema de alimentación de combustible para motores de combustión interna para todo tipo de vehículo automotor. Se dice que es un sistema de presión a diferencia del carburador que es un sistema de succión.

La inyección electrónica permite mejorar la dosificación del combustible, por medio de la electrónica y de diversos elementos se puede obtener una mezcla (aire-gasolina) más homogénea administrando de mejor manera el combustible.

El carburador es un sistema mecánico que no depende de la electrónica, posee una sección donde la gasolina y el aire son mezclados y otra donde la gasolina es almacenada. A pesar de estar separadas están conectadas por una tobera principal, la "mezcla" varía de acuerdo a ciertos factores como: altitud, temperatura, aceleración, reguladores de admisión de combustible, etc.

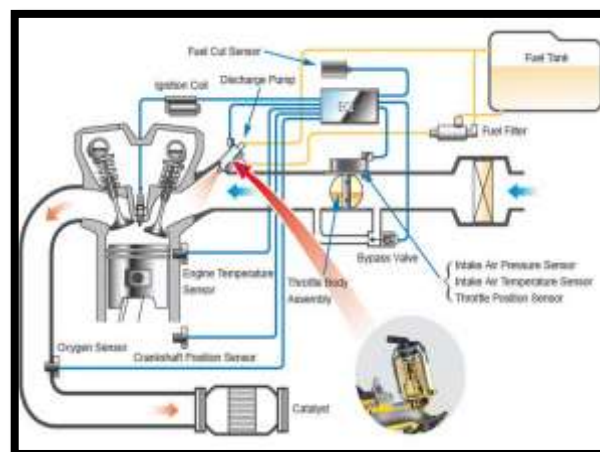


Figura 5-1: Sistema de inyección electrónico básico de una motocicleta

Fuente: <https://www.grandprix.co.th/wp-content/uploads/2017/10/Electronic-Fuel-Injection-System-Motorcycle-1.jpg>

En la figura 5-1, se observa el esquema básico de componentes que corresponden al sistema de inyección electrónica de una motocicleta, los cuales son: bomba de combustible, filtro de combustible, regulador de presión, bobina, sensor de temperatura del motor, sensor de posición del cigüeñal, sensor de posición de mariposa, sensor de presión absoluta del múltiple de admisión, sensor de temperatura del aire de admisión, cuerpo del acelerador, inyector y la unidad de control.

En la tabla 1-1 se muestra las ventajas y desventajas de la inyección electrónica y del carburador.

Tabla 1-1: Inyección electrónica vs carburador

	Ventajas	Desventajas
Inyección electrónica	No es necesario calentar	Más costoso
	Mejor aceleración y eficiencia	Necesita un mecánico especializado
	Cumple con las normas ambientales	Mantenimiento caro, la adquisición de piezas es escasa
Carburador	Más económico	Necesita calentar (ahogador)
	Más fácil de conseguir sus piezas	Mas obsoleto, no pasa normas ambientales
	Mantenimiento económico	Pierde potencia con la altitud y clima

Fuente: <http://motoblog.mx/archived-articles/consejos-motocicleta/item/236-carburador-o-fuel-injection-motocicleta>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

1.7 Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónica en motocicletas

Al ocurrir el arranque de la moto mediante el funcionamiento de la cámara, los pistones tienden a subir y a bajar trabajando en conjunto con los sensores del motor que analizan la rotación que presenta el motor, estos sensores están destinados a enviar las señales a la unidad de control de comandos Raspberry Pi 3 B+. En esta etapa, donde el movimiento de los pistones se encuentra dentro de la cámara de bajada, se produce múltiple admisión entre oxígeno y combustible aprovechando una fuerza de aspiración (basado en el vacío que se genera en la cámara debido al movimiento de los pistones), aspirando oxígeno de la atmosfera y pasando por el medidor de flujo o masa de aire, luego por la mariposa de aceleración, depositándose en los cilindros del motor.

El medidor de ingreso del oxígeno o inyector electrónico, emite información a la unidad controladora de comandos y el volumen de aire admitido, a su vez, permite que la válvula de inyección, proporcione la cantidad de combustible requerido en relación al volumen de aire admitido, generando la mezcla aire/combustible óptima para la combustión. Cuanto más adecuada sea la mezcla se obtiene mayor potencia, menor consumo de combustible y menor emisión de gases, evitando liberar gases contaminantes.

1.8 Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible

Los sistemas de inyección se clasifican de acuerdo a variables como son la ubicación del inyector, el número de inyectores y por la cantidad de veces que inyectan combustible. Que a su vez estos distintos sistemas se categorizan por sus diferentes características, siendo las siguientes:

1.8.1 Según el número de Inyectores se clasifican en Monopunto y Multipunto

Inyección Monopunto

Este sistema se caracteriza por tener un inyector para todos los cilindros. Es simple y consta de un número pequeño de partes. Sin embargo, la distribución del aire en la admisión para cada cilindro es distinta, por lo que es necesario un diseño para reducir las diferencias del flujo de aire para cada cilindro, como se muestra en la Figura 6-1. (Fujisawa, Hideya & Koike, Hisanori, 1988, p.20)

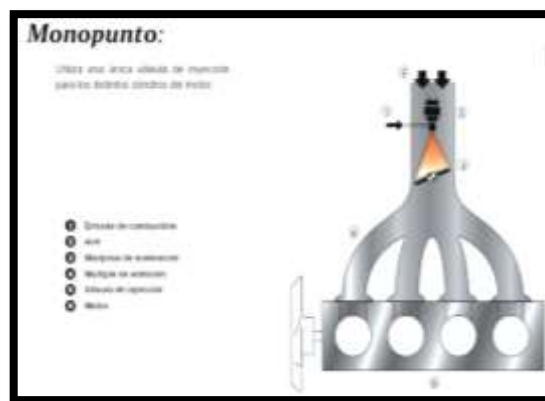


Figura 6-1: Sistema de Inyección Monopunto

Fuente: <http://mecanicosdeautos.blogspot.com/>

Inyección Multipunto

En este sistema cada cilindro tiene su propio inyector, por lo tanto, se puede inyectar la cantidad adecuada de combustible que es requerida para cada cilindro durante el funcionamiento del motor, permitiendo controlar y mejorar su rendimiento, así como la eficiencia del motor, para disminuir las emisiones de gases tóxicos emitidos hacia la atmósfera, como se muestra en la Figura 7-1. (Fujisawa, Hideya & Koike, Hisanori, 1988, p.20)

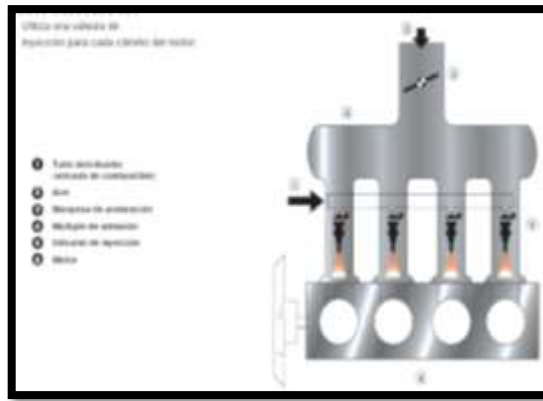


Figura 7-1: Sistema de Inyección Multipunto

Fuente: <http://mecanicosdeautos.blogspot.com/>

1.8.2 Clasificación del Inyector por la ubicación

Los sistemas de inyector por la ubicación se clasifican en inyección directa en el cilindro e inyección indirecta en el colector de admisión.

Inyección Directa en el Cilindro

Es un sistema de inyección donde el combustible es inyectado directamente en el cilindro, su característica principal es lograr mezclas pobres y de esta manera mejorar las emisiones y el consumo de combustible. Sin embargo, el inyector está ubicado en la cámara de combustión y siempre estará expuesto a altas temperaturas y altas presiones, las cuales son producidas en el motor, tal como se observa en la Figura 8-1.

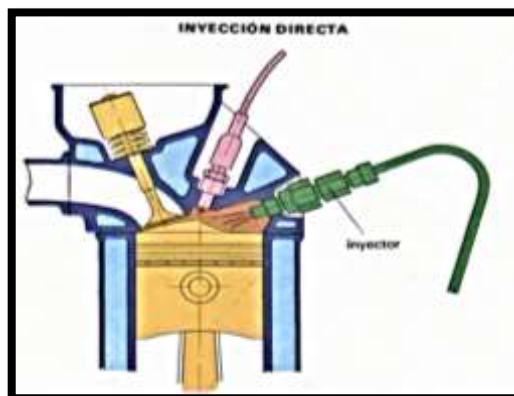


Figura 8-1: Inyección Directa

Fuente: <http://www.fierrosclasicos.com/wp-content/uploads/2015/02/30.jpg>

Inyección Indirecta en el Colector de Admisión

En este sistema el combustible se inyecta en el colector de admisión, el cual es similar a los sistemas a carburador. El inyector se localiza en una posición alejada de la cámara de admisión y no se encuentra expuesto a las altas temperaturas y presiones, como se muestra en la Figura 9-1.

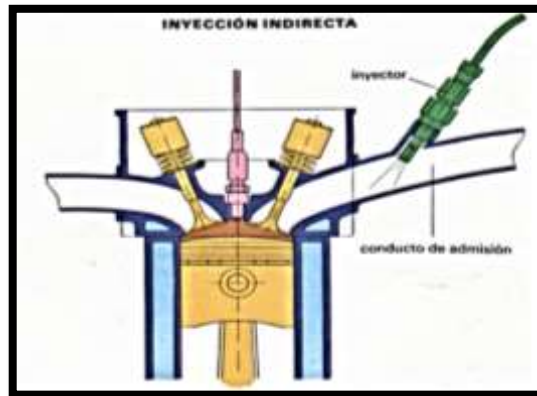


Figura 9-1: Inyección Indirecta

Fuente: <http://www.fierrosclasicos.com/wp-content/uploads/2015/02/30.jpg>

1.8.3 *Sistemas de inyección según la cantidad de veces que inyectan combustible*

Estos sistemas se clasifican de acuerdo al número de veces que se inyecta el combustible. Existen dos grandes grupos: inyección continua e intermitente.

Inyección continua

En este sistema, la inyección de combustible es constante, donde lo única que se regula es el caudal que se suministra. Esto significa que, aunque el motor esté a ralentí, una cantidad pequeña de combustible será inyectada.

Inyección intermitente

A diferencia de la inyección continua, los inyectores funcionan de forma intermitente y pueden dejar de suministrar combustible si el motor no lo necesita. Dentro de este sistema, tenemos tres tipos: inyección intermitente secuencial semisecuencial y simultánea.

1.9 Componentes de un sistema de inyección electrónica

Los componentes principales de un sistema de inyección son:

Sensores: tienen la función de recibir la señal (magnitud física o química) y transformarla en una señal eléctrica la cual es enviada a la ECU. Las señales pueden ser: revoluciones del motor, agua, presión de admisión, temperatura atmosférica, presión atmosférica, posición del cigüeñal, etc.

Unidad de Control Eléctrica (ECU): es la central o computadora que recibe las señales de los sensores y envía estas señales a los actuadores para controlar o automatizar el proceso de inyección.

Actuadores: estos dispositivos reaccionan a las señales de la ECU, se encargan de alimentar el combustible al motor y de controlar el flujo de aire. Al trabajar los actuadores, las condiciones del motor cambiarán. Estos cambios retro alimentan la ECU y esta controlará al motor continuamente. (Fujisawa, Hideya & Koike, Hisanori, 1988, p.40-41)

Bomba de combustible: Encargada de mantener la presión de combustible del sistema de inyección.

Regulador de presión: Su función es mantener la presión constante en el riel de inyección.

Inyector: Es la válvula de inyección de combustible, que se activa electrónicamente, a través de un impulso eléctrico que abre el abanico de inyección. Los inyectores para las motocicletas requieren una demanda más severa en cuanto a ciertas características como son el desplazamiento de los motores que esta entre 0.05 y 1 litro, y las revoluciones del motor con un rango de [1,200 a 13,000] rpm.

1.10 Alimentación del combustible al conducto de admisión.

La alimentación del combustible al conducto de admisión está conformada por dos elementos que son: el regulador de presión de combustible y de los inyectores; los mismos que se describen a continuación:

El Regulador de presión de combustible: Una de sus funciones es transferir el combustible al tanque por el conducto de rebose o línea de retorno en el caso que se supere la presión máxima admisible en el riel de inyectores. El regulador se encuentra comunicado con el colector de admisión, por lo que la regulación se hace sensible a la depresión que exista en el colector. El objetivo fundamental de esta regulación es impedir que las variaciones de vacío en el colector influyan en la cantidad de combustible inyectado.

Los Inyectores: Los sistemas actuales utilizan inyectores regidos eléctricamente, es decir, válvulas de regulación eléctricas. Son dispositivos de tipo todo o nada, ya que sólo tienen dos estados estables “abiertos o cerrados”. La punta del inyector está diseñada para dividir el combustible en un chorro muy fino. El ángulo del inyector, el patrón de rociado y la distancia a la válvula de admisión son características muy importantes en el diseño, las cuales cambian de un motor a otro. (Fujisawa, Hideya & Koike, Hisanori, 1988, p.32)

1.11 Los Sensores

En el mercado existen diferentes sensores que pueden ser utilizados en el desarrollo de este prototipo; entre los cuales podemos citar los siguientes: sensor de posición de mariposa TPS, sensor de presión absoluta del múltiple de admisión MAP, sensor de temperatura de aire de admisión IAT, sensor de temperatura de anticongelante del motor ECT, sensor de posición del cigüeñal CKP; los mismos que se describen a continuación.

1.11.1 Sensor de posición de la mariposa (TPS)

El sensor TPS mostrado en la Figura 10-1, es un potenciómetro rotatorio que le envía a la computadora una señal, la cual indica en qué posición se encuentra la mariposa de aceleración. El sensor TPS cuenta con un conector de 3 terminales, alimentación cinco voltios 5 V, tierra ó GND, señal de cierre y apertura. (Coello, 2006, p.40)

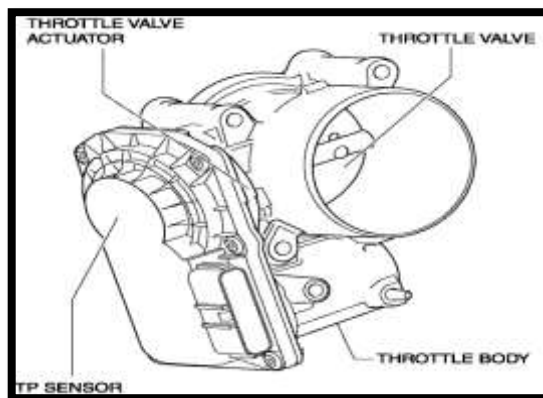


Figura 10-1: Sensor de Posición de la Mariposa (TPS)

Fuente: http://www.mcx5.org/throttle_body-1326.html

1.11.2 Sensor presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)

Los sensores de medición de presión se utilizan para medir la presión interna del múltiple de admisión, presión atmosférica, presión de vapor dentro del tanque de gasolina, etc. Aunque su ubicación es diferente y las presiones medidas varían de un sistema a otro.

El sensor MAP que se muestra en la Figura 11-1, usa un vacío dentro de la cara del chip de silicón como su presión de referencia. La diferencia en presión entre el vacío y los cambios de presión del múltiple de admisión al otro lado del chip permite que la señal hacia la ECU cambie. El sensor MAP convierte la presión del múltiple de admisión en una señal de voltaje. (Coello Serrano, 2006)

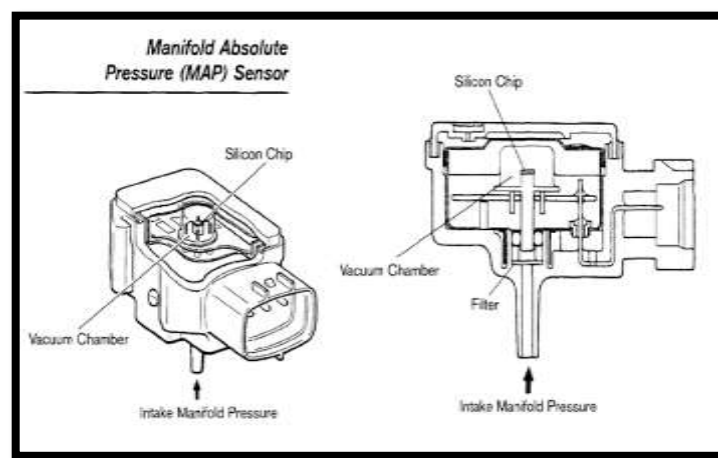


Figura 11-1: Sensor de Presión Atmosférica de Manifold (MAP)

Fuente: <http://www.pearltrees.com/thomasdoughty/electrics-sensors/id10702350/item107205231>

1.11.3 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT), mostrada en la Figura 12-1, permite a la computadora corregir el tiempo de inyección en base a la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire, será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora, regula la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. Normalmente el sensor se localiza en la parte posterior del pleno de admisión.

El sensor IAT es un termistor (una resistencia que cambia con respecto a la temperatura). Entre más se calienta el sensor menor es su resistencia. (Coello, 2006, p.46)

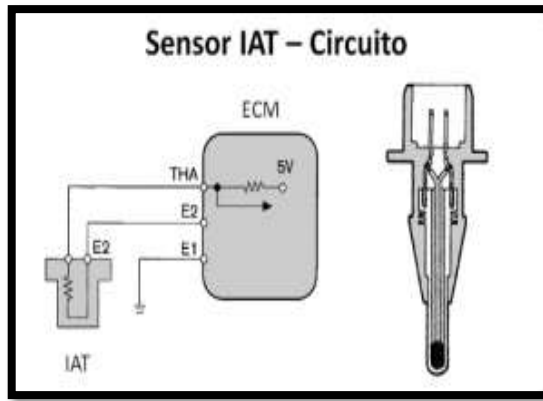


Figura 12-1: Sensor de Temperatura de Aire de Admisión (IAT)

Fuente: <https://www.copartes.com/foros/articulo/7800/Sensor-IAT-Sensor-de-Temperatura-del-Aire-de-Admisin>

1.11.4 *Sensor de temperatura del anticongelante del motor (ECT)*

El sensor de temperatura del refrigerante ECT que se muestra en la Figura 13-1, mide la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia, que provoca la caída de voltaje del sensor y mediante la computadora ajusta la mezcla aire /combustible y la duración de pulsos de los inyectores. Además, este sensor envía información a la computadora para la activación del ventilador.

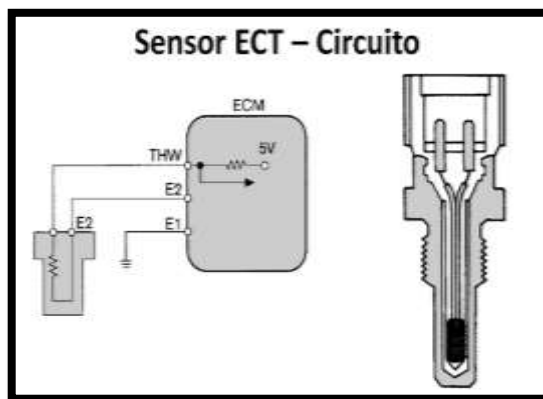


Figura 13-1: Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT)

Fuente: <https://bit.ly/2IJEq08>

1.11.5 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

Este sensor reporta el número y secuencias de las ranuras hechas en el plato del convertidor de torsión para que junto con el dato del sensor del árbol de las levas (CMP), la computadora ubique la posición del cilindro y la generación de chispa e inyección pueda, ser sincronizada con el motor. Este sensor está localizado en la parte del lado derecho del motor.

El sensor CKP que se muestra en la Figura 14-1, es un dispositivo de efecto Hall que registra la velocidad del motor y la posición del cigüeñal. La computadora utiliza esta información para determinar el pulso de inyección y la sincronización de la chispa. (Santander Rueda, 2006)

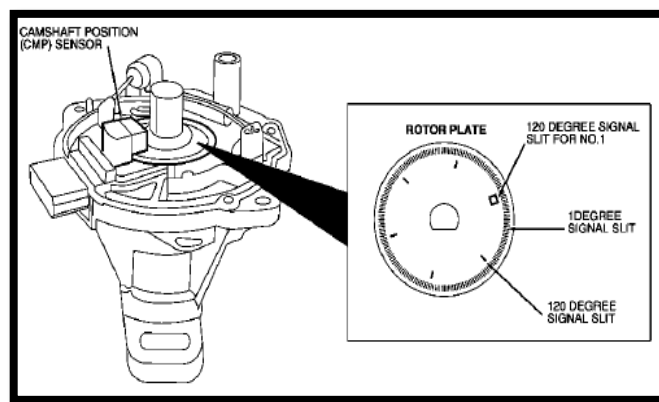


Figura 14-1: Sensor de Posición de Cigüeñal (CKP)

Fuente: <http://www.fixya.com/uploads/images/D9CA156.gif>

1.12 Tarjetas de Desarrollo

Las tarjetas o placas de desarrollo son herramientas de hardware libre, útiles para realizar diferentes tipos de sistemas embebidos, cada una de las tarjetas cuenta con un lenguaje de programación o un SO. Estas tarjetas de desarrollo se dividen en las siguientes categorías.

Microcontroladores

Estas placas están compuestas ya sea por un microcontrolador desarrollado por empresas como Microchip, Atmel, etc. o por un procesador de plataformas como ARM, no tienen un SO, solo responden a un lenguaje en particular. Dentro de este tipo de tarjetas se encuentran:

- Tarjetas Arduino (Arduino Uno, Arduino Uno R3, Arduino Mega, Arduino nano, etc.)

- Launchpad MSP430.
- Tarjeta Entrenadora de PIC18F4550 PINGÜINO
- Raindowduino Controlador LED – ATmega328
- Miuva Intesc Tarjeta entrenadora PIC15F4550, etc.

Minicomputador o Microprocesadores

Estas placas tienen un procesador capaz de soportar un sistema operativo la mayoría trabajan en una plataforma ARM. Las más comunes son:

- Tarjetas Raspberry PI (Raspberry Pi 3 Model B, Raspberry Pi GPIO a Puerto Serie, etc).
- Beaglebone Black.
- Hummingboard.
- Jaguar One, etc.

1.13 Microprocesador Raspberry Pi 3 B+.

Se seleccionó el microprocesador Raspberry Pi 3 B+ por su bajo costo, es de software libre y de código abierto llamado Raspbian, tiene un procesador de 1.2 Ghz el cual calcula y envía una respuesta rápida del tiempo de apertura del inyector electrónico. Entre los sistemas operativos puede utilizar el Windows 10 y GNU/Linux.

Es un Computador de placa reducida (SBC), diseñado por la fundación Raspberry PI en Reino Unido y es compatible con otros sistemas operativos.

La figura 15-1, muestra la placa Raspberry Pi 3 B+.

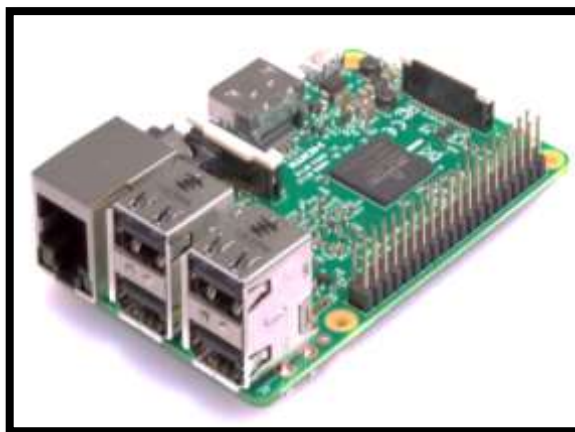


Figura 15-1: Placa de desarrollo Raspberry Pi 3 B+

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

1.13.1 Hardware de la placa Raspberry Pi 3 B+

Esta versión de placa Raspberry se presenta como la tercera generación manteniendo características que se describirán en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Características de la placa Raspberry Pi 3 B+

Unidad central de proceso	1.2 GHz Arquitectura de 64bits Cuatro núcleos ARMv8
Juego de instrucciones	RISC de 32 bits
Memoria (sd ram)	1 GB
Puertos usb 2.0	4 Terminales
Entradas de video	Conector CSI que permite alojar el módulo de cámara
Salida de video	High Definition Multimedia Interface
Almacenamiento	A través de la tarjeta Micro SD
Conectividad de la red	Ethernet RJ45 Wi-Fi 802.11n
Periféricos de bajo nivel	40 x GPIO
Consumo energético	800 m [A] 4 [W]
Fuente de alimentación	5 V Puerto micro USB GPIO Header
Dimensiones	85.60 mm x 53.98

Fuente: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

1.13.2 *Sistemas Operativos de la Placa Raspberry Pi 3 B+*

El sistema operativo usado en la placa Raspberry se basa por lo general, en sistemas diseñados con bases en Linux. Algunos de los sistemas operativos con los que trabaja son:

- Raspbian Stretch.
- Raspbian Stretch Lite.
- Windows 10.
- Ubuntu Mate.
- Linux.

1.13.2.1 *Entorno Raspbian Stretch v2.4.5*

El entorno visual del escritorio del sistema operativo **Raspbian Stretch** se muestra en la Figura 16-1:



Figura 16-2: Raspbian Stretch v2.4.5

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Raspbian Stretch: Es una nueva versión del sistema operativo Raspbian, basado en Debían 9 Stretch, las prestaciones de sus programas básicos son capaces de controlar y a su vez optimizar los recursos de hardware de la placa Raspberry Pi 3B+.

Raspbian Stretch incluye la posibilidad de ingresar a las opciones de configuración del sistema operativo por medio de una interfaz gráfica, la que permite habilitar y configurar preferencias como: habilitación del puerto para el módulo de cámara, comunicación SSH, y otros requerimientos.

1.14 Lenguaje Python

El uso de este lenguaje facilita interacción del programador, por la compatibilidad que mantiene con el lenguaje Python (basado en C++) permite su desarrollo. Python es un lenguaje de programación de alto nivel, fácil de comprender su codificación y sintaxis, evita errores comunes de programación y mantiene una estructura ordenada. Permite al programador diseñar y desarrollar sistemas en base conocimientos y estar relacionado con el lenguaje de programación.

Tomando en cuenta que todos los algoritmos, pueden vincularse con Python, mediante los intérpretes dentro del programa, permiten comunicar la placa Raspberry Pi 3 B+ con los diferentes sensores, lo que permite trabajar con funciones de lenguaje C por medio de Python y poder resolver problemas, generar procedimientos, así como algoritmos en tiempo real. (Sanner, M. F,1975, pp.01-07)

1.15 Microcontrolador Arduino Uno R3

Se utilizó el Microcontrolador Arduino Uno R3 por su bajo costo, código abierto y por las posibilidades de aplicación, cuenta con la plataforma open-source con entradas y salidas, analógicas y digitales de las cuales la tarjeta Raspberry Pi 3 B+ no cuenta con entradas analógicas que se necesitan para recibir las señales que envían cada uno de los sensores que intervienen en el la inyección electrónica. El Arduino Uno R3 es una placa basada en un microcontrolador ATMELE, que permite realizar proyectos y modificaciones a nivel de hardware y software.

En Figura 17-1, se muestra la placa Arduino Uno R3.

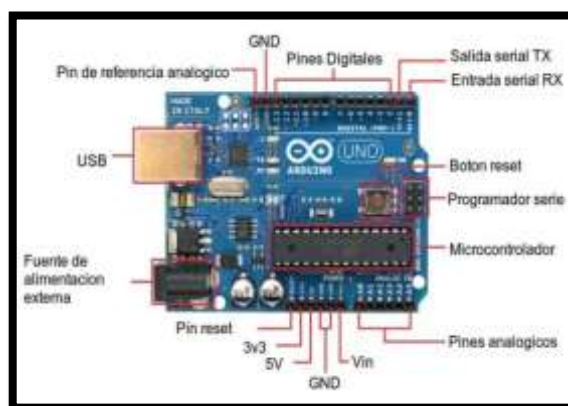


Figura 17-3: Placa Arduino Uno R3

Fuente: <https://www.infootec.net/arduino/>

La placa de desarrollo Arduino Uno R3, puede ser alimentada con un cable USB conectado al ordenador o con una fuente externa.

1.15.1 Características técnicas del Arduino Uno R3

Las principales características del Arduino Uno R3 son:

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje: 5 V
- Voltaje de entrada (recomendado): 7-12 V
- Voltaje de entrada (límites): 6-20 V
- Digital I/O Pins: 14 (de los cuales 6 son salida PWM)
- PWM digital pines I/O: 6
- Entradas Analógicas: 6
- Corriente DC por Pin de E/S: 40 mA
- Corriente DC para Pin 3.3V: 50 mA
- Flash Memory: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados para el arranque
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad de reloj: 16 MHz
- Longitud: 68,6 mm
- Anchura: 53,4 mm
- Peso: 25 g

CAPÍTULO II

2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

En este capítulo se describe el diseño del prototipo de inyección electrónica mediante la tarjeta Raspberry Pi 3 B+ para motores de dos tiempos de baja cilindrada de 50 cc a 150 cc. Se detalla la concepción, requisitos del prototipo a utilizarse, diagramas de bloque, selección del software y hardware para el funcionamiento. Se muestra los diagramas de conexión y los algoritmos utilizados en el desarrollo en el prototipo. En la figura 1-2, se muestra el diagrama de bloques del prototipo.

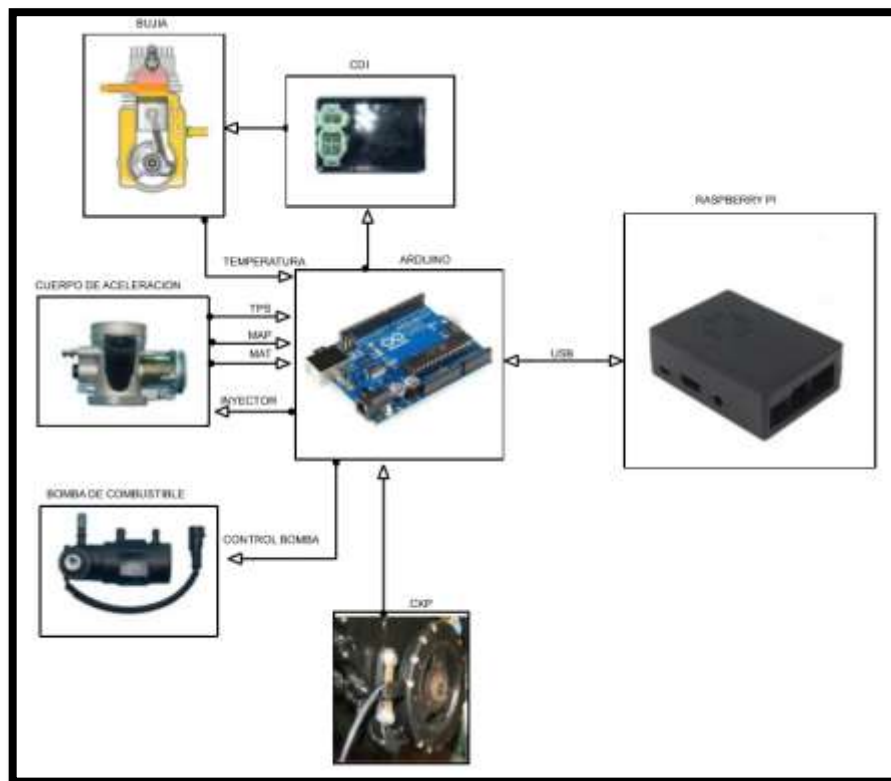


Figura 1-2: Diagrama en bloques del prototipo

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

El sistema electrónico controla: el suministro de combustible, el momento exacto de ignición, la refrigeración del motor y el tiempo de apertura o cierre del inyector de combustible; todos estos aspectos son señales recibidas para mantener las condiciones óptimas del motor.

Las necesidades requeridas por el prototipo de inyección electrónica están definidas por las condiciones del entorno como, por ejemplo: temperatura y densidad del aire, presión atmosférica y altitud del lugar donde se encuentre la motocicleta. Existen también las condiciones operacionales de la motocicleta, las cuales son: aceleración o desaceleración del motor y cambios de marcha.

Las necesidades básicas del prototipo de inyección electrónica para controlar el funcionamiento del motor adecuadamente son:

- Constante presión relativa de combustible en el inyector electrónico, controlada por el regulador de presión.
- Velocidad del motor en RPM y la posición del cigüeñal proporcionada por el sensor CKP para enviar la señal de pulsos al sistema de inyección electrónica y este calcule el pulso de inyección y la sincronización de la chispa.
- Tiempo de apertura del inyector calculado por el sistema de inyección en base a la temperatura del aire que entra a la cámara de admisión; esta temperatura es medida con el sensor IAT.
- Estado de carga del motor en base a la aceleración o desaceleración de la motocicleta con el ángulo de posición de la mariposa proporcionado por el sensor TPS.
- Refrigeración del motor cuando la temperatura de aceite se incrementa, esta temperatura es receptada por el sensor ECT el cual disminuye su voltaje y lo envía a la Raspberry Pi 3 B+ y ajusta la mezcla aire/combustible y la duración de pulsos de los inyectores.

2.1 Diagrama de bloques del funcionamiento del prototipo

El sistema de inyección electrónica requiere para su funcionamiento, la adquisición de datos de las señales de los sensores que intervienen al optimizar la calidad de la mezcla estequiométrica, factores con los cuales se calculó la proporción de combustible en relación al volumen de aire ingresado (Sensor TPS) en la cámara. La relación de la presión atmosférica (MAP) expuesta al motor en la que se toma en cuenta la densidad de oxígeno presente en el ambiente. En la Figura 2-2, se muestra mediante un diagrama de flujo el proceso de adquisición de señales.

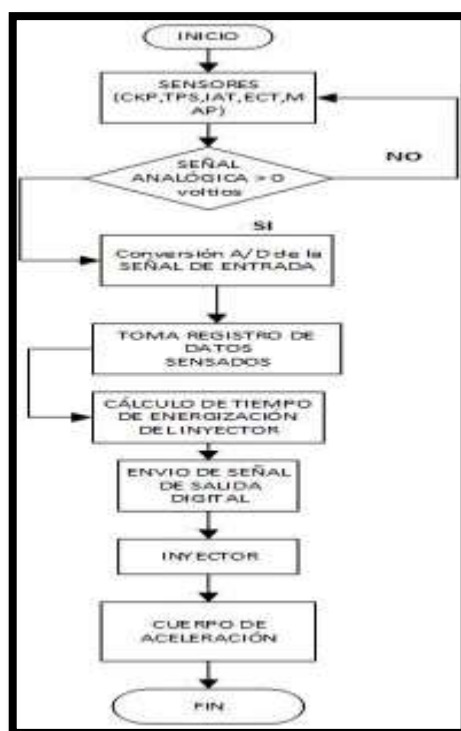


Figura 2-2: Diagrama de bloques del proceso de adquisición de señales

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

2.1.1 Diagrama de flujo del funcionamiento del prototipo de inyección electrónica

El flujograma del funcionamiento del prototipo de inyección electrónica de combustible mostrado en la Figura 3-1, se elaboró de acuerdo a los componentes que corresponden al diseño especificado, los cuales son: bomba de combustible, filtro de combustible, regulador de presión, inyector, los sensores y el sistema de control (Arduino Uno R3 y Raspberry Pi 3 B+).

Los sensores envían señales eléctricas al sistema de control que reciben de las revoluciones del motor, la posición del cigüeñal, la presión de admisión, la presión atmosférica, la temperatura del aire, etc. Estas señales son convertidas de analógicas a digitales y almacenadas en la memoria RAM para ser comparadas con la información de referencia almacenada en la memoria ROM, con la información final obtenida el sistema de control calcula la duración de inyección de combustible y cantidad de combustible a inyectar.

Con los cálculos obtenidos se envía la señal de activación al inyector y a la bomba de combustible. Este proceso se repite constantemente cuando cambian las condiciones del ambiente como

temperatura del aire en el motor y altitud, y condiciones de operación como aceleración o desaceleración y cambios de marcha.

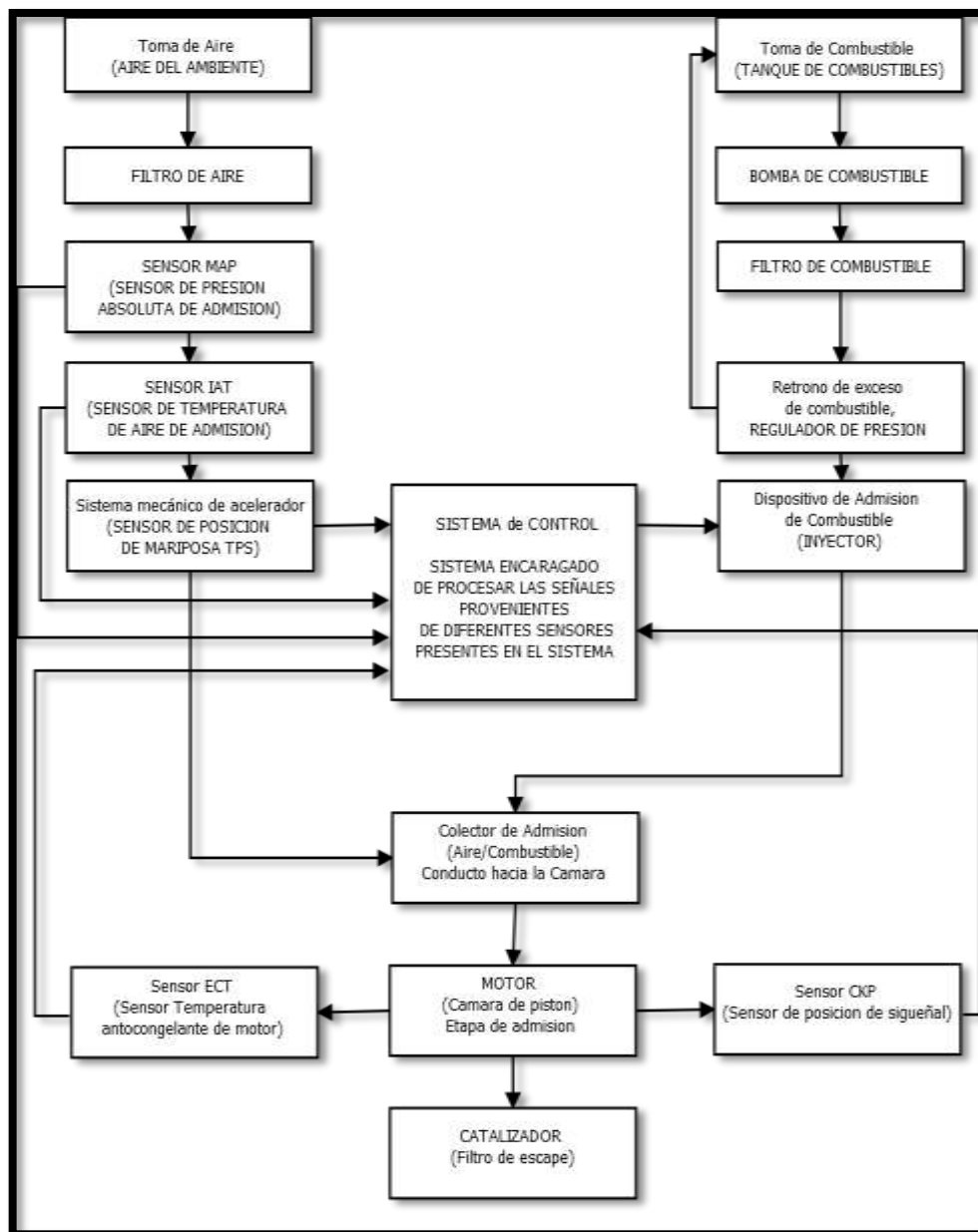


Figura 3-2: Flujograma del funcionamiento del prototipo de inyección electrónica.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

2.2 Requisitos de Hardware del Prototipo

Los requisitos del prototipo de inyección electrónica parte de las necesidades y del objetivo del trabajo de titulación, los cuales se detallan a continuación:

2.2.1 Sistema de control del prototipo

Desde el cuerpo de aceleración se adquieren los datos analógicos mediante un microcontrolador Arduino Uno R3 que son transmitidos mediante comunicación serial con una velocidad de 921.600 baudios hacia el Raspberry Pi 3 B+. Los datos leídos de los sensores son enviados desde el Arduino Uno R3 hacia el CDI, el Inyector y la bomba de combustible. En la tarjeta Raspberry Pi 3 B+, se procesa la información que recibe desde el Arduino Uno R3 y se encarga de ejecutar los procesos. En la Figura 4-2, se muestra el sistema de control del prototipo.

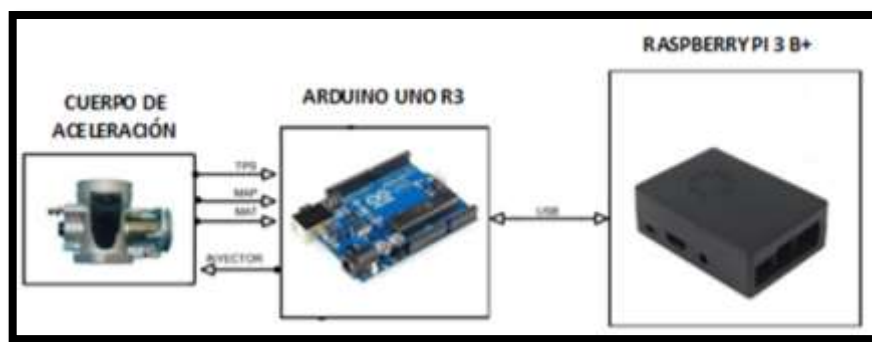


Figura 4-2: Sistema de control del prototipo

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

2.2.2 El Sensor de posición de mariposa (TPS)

El sensor consta de 3 terminales: tierra, 5 VCD y señal. Cuando el motor se encuentra en ralentí la mariposa tiene una posición de 0 grados y al estar en su máxima aceleración la mariposa está a 100 grados. La señal eléctrica que emite este sensor en ralentí es de 0.4 a 0.8 voltios, la misma que varía de forma proporcional de acuerdo a la aceleración llegando desde 4.5 a 5.0 voltios a la máxima aceleración. En la Figura 5-2, se muestra el sensor TPS.



Figura 5-2: Sensor de posición de mariposa (TPS)

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

2.2.2.1 Características del sensor TPS

En la tabla 1-2, se detalla los datos del sensor de mariposa de aire.

El circuito del sensor de posición de mariposa TPS se muestra en la figura 6-2 y en la tabla 1-2 se identifican sus terminales.

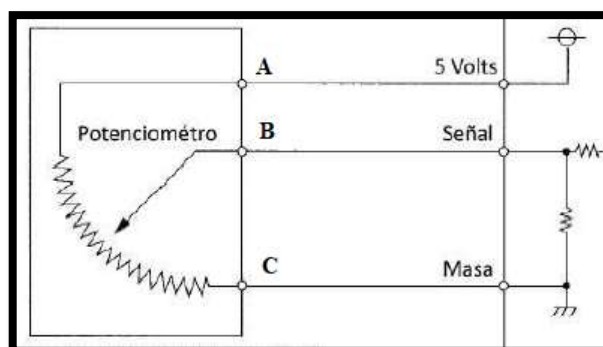


Figura 6-2: Circuito del sensor TPS

Fuente: <https://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>

Tabla 1-2: Datasheet del Sensor de Mariposa de Admisión se aire, TPS

Sensor de posición del acelerador TPS	
Tipo de Sensor	Piezoeléctrico
A	Tierra
B	Señal TPS
C	5 VCD

Fuente: <https://bit.ly/2KCiaaN>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

En la figura 7-2, se muestra la curva característica del sensor TPS.

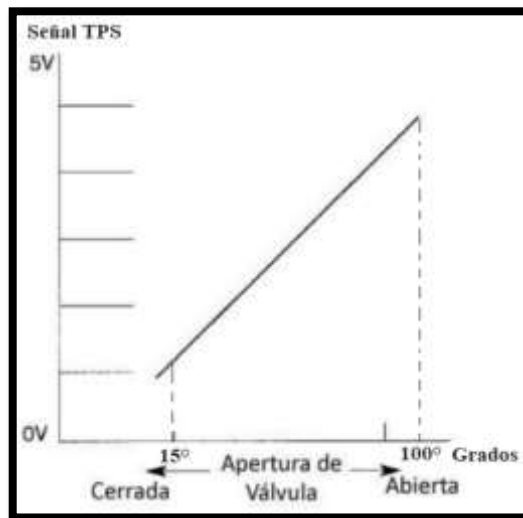


Figura 7-2: Curva característica del sensor TPS.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>

Este sensor es activado mediante un sistema mecánico interconectado al acelerador del timón de la motocicleta, a medida de cuán acelerado mantenga el usuario la manigueta del acelerador, el sistema mecánico se interconecta con la mariposa, esta acción permite el paso de mayor o menor volumen de aire hacia la cámara, el ingreso de aire es ayudado por la presión negativa, que se genera en la etapa de admisión cuando el pistón baja dentro de la cámara de explosión.

2.2.3 El Sensor de presión atmosférica MAP y sensor de temperatura de aire IAT

La salida del sensor MAP es una tensión analógica entre 0 y 5 VCD. La tensión es linealmente proporcional a la presión absoluta medida en ese instante. Es decir 0.2 voltios equivalen a 20 kPa y 4.8 voltios equivalen a 250 kPa. Este sensor tiene tres terminales internos. El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) es una resistencia que cambia su voltaje dependiendo de la temperatura del aire entrante al colector de admisión, es decir, si aumenta la temperatura del aire su salida de voltaje disminuye. Cuenta con dos terminales que son: señal (5 VCD) y GND.

Para el desarrollo del prototipo, el sistema de inyección electrónica más los sensores MAP y IAT que vienen integrados en un solo circuito permiten tener un sistema compacto del cual se logra tomar señales estabilizadas y compensadas entre los diferentes factores sensados; la figura 8-2, muestra este sistema compacto. La señal del sensor MAP tiene una variación de voltaje real de 0.2 a 4.8 voltios; cuando el motor se encuentra en desaceleración la salida de señal del sensor es

menor a 0.8 voltios. El motor en ralentí genera 950 RPM, la salida varía entre 0.9 a 1.4 voltios y con el motor en aceleración la salida varía entre los 1.5 a 4.8 voltios del sensor MAP.



Figura 8-2: Sensores de Presión Atmosférica
MAP, y sensor de Temperatura IAT

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

2.2.3.1 Característica del sensor MAP

El circuito del sensor de presión atmosférica MAP se muestra en la figura 9-2 y en la tabla 2-2 se muestra su datasheet.

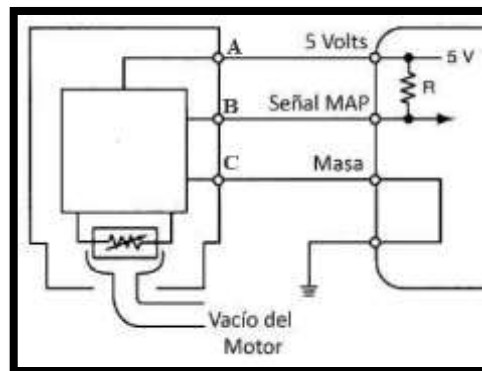


Figura 9-2: Circuito del sensor TPS

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>

Tabla 2-2: Datasheet del sensor de presión atmosférica (MAP).

Pin 1	Output
Pin 2	GND
Pin 3	+5 VCD
Corriente de Trabajo	<10mA
Tiempo de Respuesta	<2ms
Rango de Presión	20~250kPa
Temperatura de funcionamiento	-40°C ~120 °C
Max. Voltaje	7 VCD
Tensión de Alimentación	5±0.5 VCD
Tensión de salida	0.2~4.8 VCD
Rango de salida	0-5 V
Compatibilidad de medio	Aire

Fuente: <http://cort.as/-K4wv>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

En la Figura 10-2, se muestra la curva característica del sensor MAP.

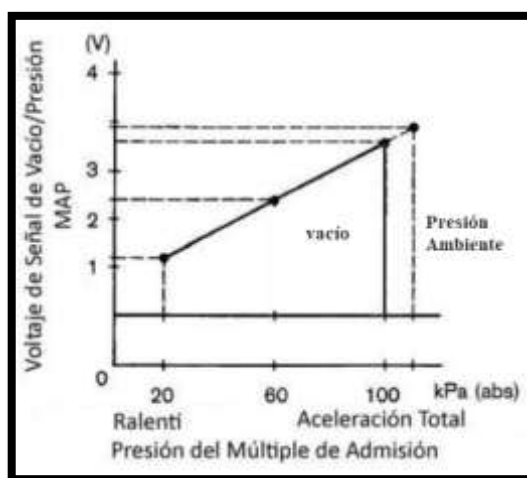


Figura 10-2: curva característica del sensor MAP.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>

2.2.3.2 Características del sensor IAT

El circuito del sensor de temperatura de aire IAT se muestra en la figura 11-2 y en la tabla 3-2 se identifican sus terminales.

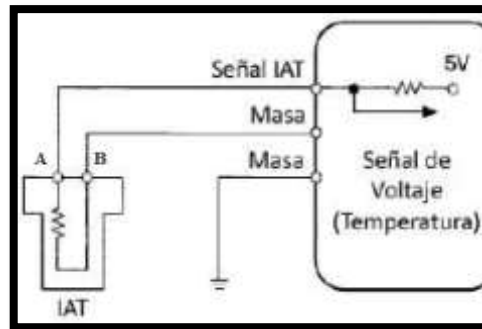


Figura 11-2: Circuito del sensor IAT

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf>

Tabla 3-2: Terminales del sensor IAT

Sensor de temperatura de aire IAT	
Pin A	Señal IAT y Alimentación (5 VCD)
Pin B	Tierra

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

En la figura 12-2, se muestra la curva característica del sensor IAT.

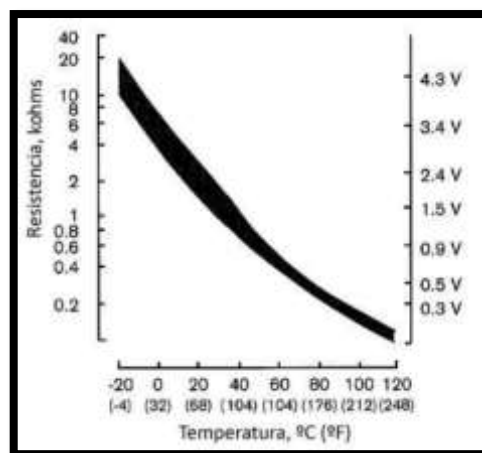


Figura 12-2: Curva característica del sensor IAT

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf>

2.2.4 El sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Este sensor monitorea la temperatura del motor como se muestra en la Figura 13-2, es necesario debido a que la temperatura que se genera en el motor, calienta el aire que ingresa a la cámara disminuyendo la densidad del aire. En este caso los gases al ser expuestos a calor se expanden, lo que hace que los espacios intermoleculares en la cámara de admisión sean mucho mayores. Los

gases expandidos limitan el ingreso de más aire por lo que se debe dosificar solo el combustible necesario para que la mezcla sea óptima.

Con el incremento de la temperatura del motor, la resistencia del sensor baja mientras que el voltaje tiende a subir. Siendo inversamente proporcional el incremento o decremento de la temperatura con relación al voltaje. Este sensor trabaja a 5 VCD.



Figura 13-2: Sensor de temperatura del refrigerante ECT.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.2.4.1 Características del sensor ECT

El circuito del sensor de temperatura del refrigerante ECT se muestra en la figura 14-2 y en la tabla 4-2 se muestra su Datasheet.

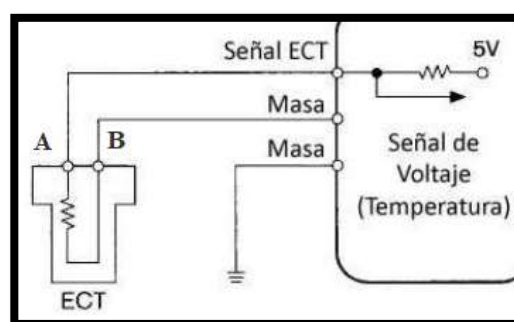


Figura 14-2: Circuito del sensor ECT

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf>

Tabla 4-2: Datasheet sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

Tipo de Sensor	Piezoeléctrico
Pin 1	5 VCD y Señal
Pin 2	GND
Tipo	Sensor de temperatura del refrigerante
Tamaño	Estandar original
Ubicación	En la cabeza del motor

Fuente: <http://cort.as/-K4wp>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

En la figura 15-2, se muestra la curva característica del sensor ECT.

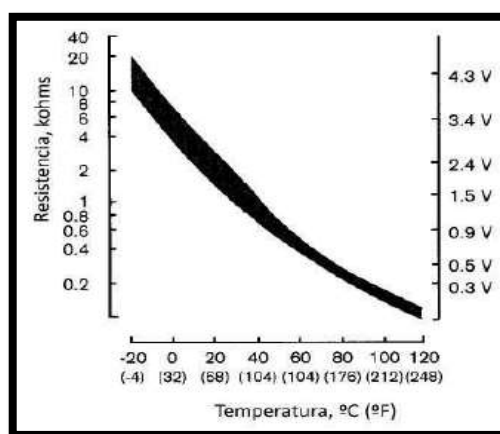


Figura 15-2: Curva característica del sensor ECT

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf>

2.2.5 El Sensor magnético CKP

El sensor CKP cuenta con tres terminales los cuales son: 12 voltios de alimentación, la señal de salida pulsante ya que toma como cero voltios a un vacío y 11 voltios a una lengüeta, y GND.

El sensor magnético, que se muestra en la Figura 7-2, es el que se encarga de tomar la señal de posición del cigüeñal del motor, para sincronizar el inyector, para el desarrollo de este prototipo se procedió a mover el punto de muestreo y evitar el ángulo de desplazamiento del cigüeñal a la posición del pistón en cero máximos quedando alineado con el sensor magnético.



Figura 16-2: Sensor CKP, sensor de cigüeñal.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.2.5.1 Características del sensor CKP

El circuito del sensor de posición del cigüeñal CKP se muestra en la figura 17-2 y en la tabla 5-2 se muestra su Datasheet.

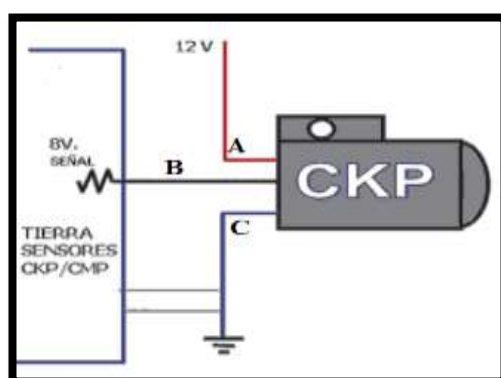


Figura 17-2: Circuito del sensor CKP

Fuente: <http://www.alianzaautomotriz.com/tips/hyundai-atos-modelos-2001-al-2007-fallas-frecuentes/>

Tabla 5-2: Datasheet del sensor magnético, CKP

Tipo	Inducción magnética
Marca	Suzuki
Modelo	Ax 100
Pin A	12 VCD
Pin B	Señal
Pin C	GND
Material	Plástico
Ubicación	Cigüeñal
Sensibilidad	99 %

Fuente: <http://cort.as/-K4z6>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

En la figura 18-2, se muestra la curva característica del sensor CKP.

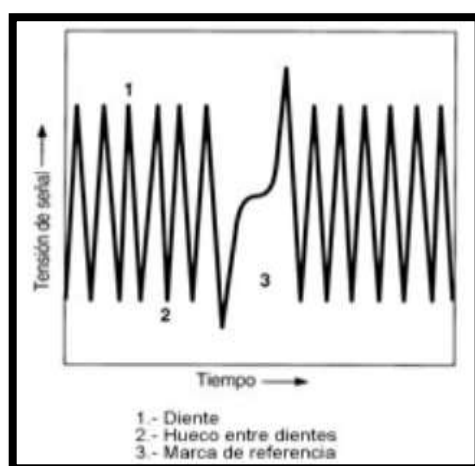


Figura 18-2: Curva característica del sensor CKP.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores2-modelos.htm>

2.3 Placa de interconexión de los componentes del prototipo

La placa del circuito de interconexión de los componentes del prototipo se diseñó en el software Proteus. La Figura 19-2 muestra la placa del circuito electrónico donde la energía que abastece al sistema de inyección se genera en las bobinas del magnetrón de la moto y es controlada por el regulador rectificador de voltaje a 12 VCD, la misma que es almacenada en una batería de 12 VCD para suministrar a la placa electrónica, que posee el regulador *lm2596* que baja a 5 VCD

para alimentar todo los dispositivos y sensores, excepto la bomba de combustible, el inyector y el CDI que se alimentan a 12 VCD.

El inyector es controlado con un transistor de la alta frecuencia de activación, y la bomba del combustible mediante un relay. Al momento de abrir el interruptor se enciende la bomba y se activa por un segundo suministrando combustible para el arranque.

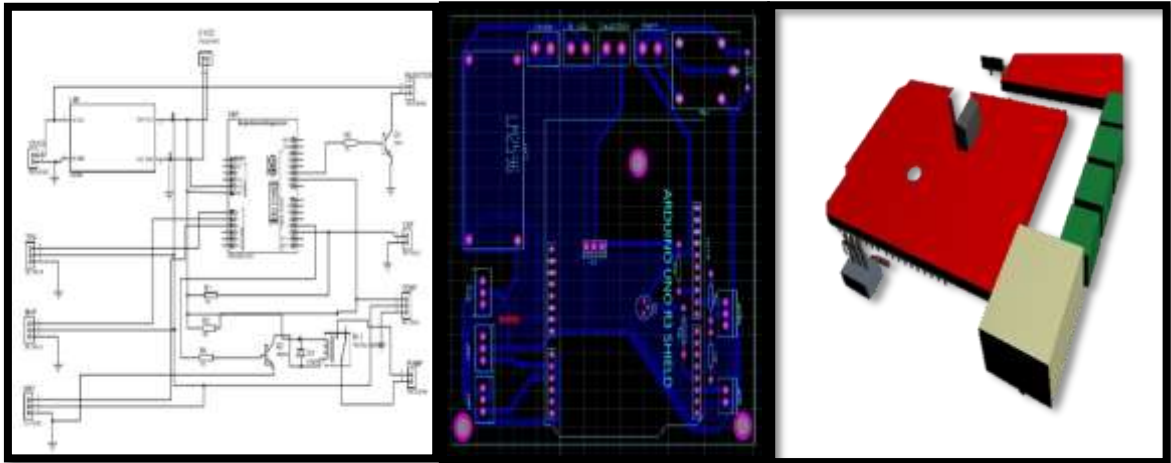


Figura 19-2: Placa de interconexión de los componentes del prototipo.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.3.1 Descripción de los componentes y conexión de los elementos del prototipo de Inyección Electrónica.

La batería de 12 VCD está conectada al componente *lm2596* para regular el voltaje a 5 VCD. El microcontrolador Arduino Uno recibe voltaje del regulador *lm2596*. Las salidas de los sensores TPS, MAP, IAT, están conectados a los pines analógicos A0, A1, A2 respectivamente de la placa Arduino Uno y la alimentación de cada uno de ellos está conectada a la salida del regulador de voltaje *lm2596*. La señal de salida del sensor CKP está conectada al pin digital 2 del Arduino Uno. La bomba de combustible está conectada al relay el mismo que está conectado al pin -3 digital del Arduino Uno y esta alimentado con 5 VCD desde el regulador de voltaje.

El inyector recibe alimentación de la batería de 12 VCD y está conectado al pin digital 10. El sensor de temperatura ECT, su señal de salida está conectada al pin digital 9 del Arduino Uno, y su alimentación proviene del regulador de voltaje *lm2596*.

2.4 Instalación del sistema de inyección electrónica en la moto de 100 cc.

La instalación del sistema de inyección electrónica conlleva los siguientes pasos:

1. Extracción del carburador del motor de la moto.
2. Acople del cuerpo de aceleración en el sitio donde estaba el carburador.
3. Instalación de todo el sistema eléctrico de la inyección electrónica.
4. Programación del sistema de control y adquisición.
5. Pruebas de conexiones y arranque.

Para la instalación del sistema eléctrico de la inyección electrónica del prototipo, el modelo original de la moto no posee una batería. Para lo cual se regulo mediante la placa de interconexión de 12 VCD a 5 VCD, la Figura 20-2, muestra el diagrama electrónico en bloques del prototipo.

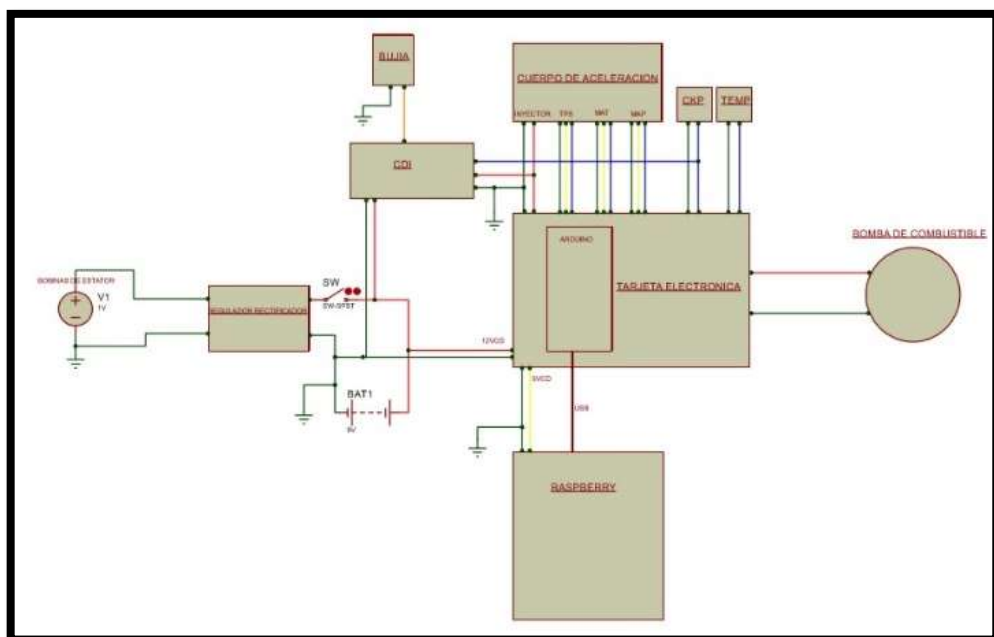


Figura 20-1: Diagrama eléctrico en bloques del prototipo.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.5 Dimensionamiento y selección del sistema de inyección electrónica de combustible para el motor Suzuki Ax 100 de dos tiempos.

Para dimensionar los elementos que conforman el prototipo del sistema, se partió de los datos técnicos de las características del motor de la moto, cilindraje de 100 cc y del diámetro del carburador de 28 mm. Por ello se seleccionó el inyector de combustible para motocicleta UAV QUAD rinoceronte Buggy ATV Snowmobile con conector.

El cuerpo de aceleración suministra la cantidad exacta de mezcla de aire combustible para la capacidad del cilindro, para cumplir con las características de un sistema de inyección electrónica debe estar integrado los sensores MAP, IAT y el inyector, como se muestra en la Figura 10-2.



Figura 21-2: Cuerpo de aceleración del motor.

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

La Tabla 6-2, muestra las características técnicas del inyector electrónico de combustible.

Tabla 6-2: Características técnicas del inyector electrónico de combustible

Tipo de material	Plástico
Nombre de la marca	Howdytubor
Voltaje	12-14 V
Presión	100-300kpa (1-3bar)
Tiempo de apertura	0.8 ms
Tiempo de cierre	0.65 ms
Resistencia	12 Ω
Cuerpo de acelerador para 50cc a 200cc	28 mm
Flujo (300kpa)	30 g/min para 40-60cc 38 g/min para 50-70cc 60 g/min para 70-100cc 80 g/min para 100-150cc 128 g/min para 150-250cc 190 g/min para 250-350cc 248 g/min para 350-650cc

Fuente: <https://bit.ly/31QdsLW>

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Del análisis realizado en los diferentes cuerpos de aceleración, se optó por GY6 Lifan microsquirt, que tiene incorporado una bomba de combustible y un capacitor discharge ignition (CDI). En el

desarrollo de este prototipo se utilizó un Arduino Uno R3 por sus señales analógicas que permiten obtener las señales del control de la bomba, mediante comunicación serial a la Raspberry Pi 3 B+ para realizar el respectivo control.

2.6 Selección del regulador de presión de combustible

La bomba mostrada en la Figura 22-2, viene incluida en el cuerpo de aceleración GY6 Lifan microsquirt, tiene la misma característica de nivel máximo de presurización de 300 kPa que puede necesitar el inyector electrónico para controlar la depresión de combustible dentro de la cámara del inyector, de igual forma la bomba está diseñada en relación al cilindraje del motor de 100 cc y con el nivel máximo de flujo que puede surtir al inyector electrónico a cámara de admisión. Permite el retorno del combustible excedente en la cámara de la bomba hacia el reservorio, cuenta además con un ingreso de combustible que alimenta la bomba mediante presión. Todo el prototipo está controlado mediante interrupciones de la placa Raspberry Pi 3 B+.



Figura 22-2: Bomba de presión de combustible.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Especificaciones técnicas de la Bomba externa de combustible regulador de presión.

- Flujo: 25 L/H
- Presión: 0.3MPa (3 bar)
- Voltaje: 12VCD
- Amperaje: 1.5A
- Peso: 0,2 kg

2.7 Software de desarrollo para el prototipo de inyección electrónica

Para la configuración del prototipo se implementó el software que ayuda a manipular y gestionar la parte física, diagramas de flujo de la interacción de los diferentes componentes del prototipo, así como la secuencia de funcionamiento del mismo. A continuación, se detalla cada uno de los elementos utilizados:

2.7.1 Instalación y configuración del software del inyector

Para el diseño de la aplicación se debe instalar y configurar el sistema operativo Raspbian. Para lo cual se debe tomar los siguientes aspectos:

- Descargar desde la página oficial el sistema operativo NOOBS: www.raspberrypi.org/downloads/noobs/
- En una memoria USB formateada, se descomprime todos los archivos descargados y se conecta en la Raspberry Pi 3 B+ antes de encender, es decir, hacer autoarrancable para su instalación. Energizada la Raspberry mostrará el asistente de instalación como se observa en la Figura 23-2. Para continuar con la instalación, es necesario tener acceso a internet ya sea mediante cable o wifi. Con la conexión a la red, se inicia la instalación, solicitando seleccionar el sistema operativo, en este caso se elegirá Raspbian.

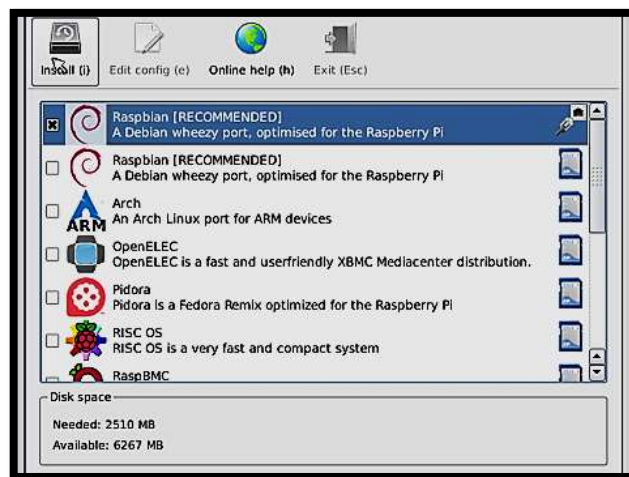


Figura 23-2: Pantalla de Instalación del SO Raspbian

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Raspbian posee características elementales para desarrolladores y un gran soporte online lo que lo convierte en uno del SO favorito al momento de instalar.

2.7.2 Configuración del sistema operativo Raspbian

Con el sistema operativo instalado, es necesario configurarlo, para que funcione bajo los parámetros del prototipo desarrollado, para lo cual se necesitó la activación de un acceso remoto mediante el protocolo de seguridad SSH. También es recomendable configurar los parámetros básicos como zona horaria, idioma y arranque sin contraseña. El acceso remoto mediante SSH, permite acceder a la Raspberry Pi 3 B+ a través del programa PUTTY con el objetivo de realizar cambios posteriores en la configuración del miniordenador.

En la Figura 24-2, se muestra la pantalla de activación del acceso remoto SSH.

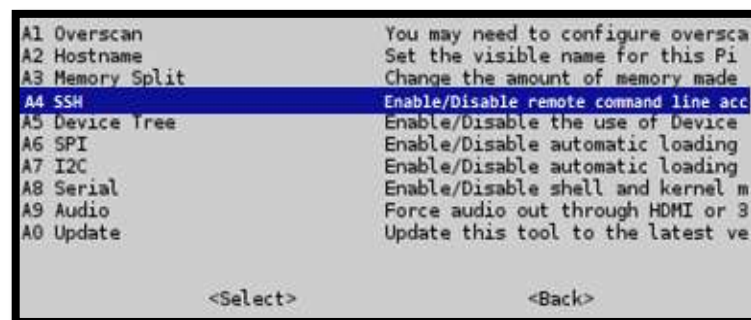


Figura 24-2: Activación del acceso remoto SSH.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.7.2.1 Actualizaciones del sistema operativo Raspbian

El sistema operativo Raspbian es un sistema de código abierto y día a día tiene actualización que ayudan a los desarrolladores, por lo que es recomendable siempre descargar la actualización más reciente por las modificaciones y prestaciones actuales. Los siguientes comandos se utilizan para la actualización del programa e instalación, como:

sudo apt-get update // actualiza la base de datos de los programas.

Sudo apt-get upgrade // instala actualizaciones

2.7.2.2 Configuración de la IP Estática de la Raspberry Pi 3 B+

Para acceder al Raspberry Pi 3 B+ mediante acceso remoto mediante la aplicación PUTTY de forma rápida, es necesario, cambiar la configuración del acceso a la red de modo DHCP a

STATIC. Con ayuda del editor nano, se abre el archivo interfaces mediante la siguiente instrucción:

Sudo nano /etc/network/interfaces

En el archivo se procede a cambiar la configuración, como se muestra en la Figura 25-2.

<pre>auto lo iface lo inet loopback iface eth0 inet dhcp allow-hotplug wlan0 iface wlan0 inet manual wpa-roam etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf f iface default inet dhcp</pre>	<pre>auto eth0 iface lo inet loopback iface eth0 inet static address 192.168.1.45 netmask 255.255.255.192 gateway 192.168.1.1 allow-hotplug wlan0 iface wlan0 inet manual wpa-roam etc/wpa_supplicant.conf/wpa_supplicant.conf</pre>
--	--

Figura 25-2: Configuración IP estática mediante la aplicación PUTTY.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.7.2.3 Activación del puerto USB para lectura y escritura de datos

El microcontrolador Arduino Uno R3, adquiere los datos del cuerpo de aceleración y envía a la tarjeta Raspberry Pi 3 B+, en esta operación es importante habilitar el puerto serial con privilegios de administrador mediante el siguiente comando:

Sudo chmod 777 /dev/ttyACM0

2.7.3 Programación de la aplicación de control en PYTHON

La aplicación se desarrolló en Python por su compatibilidad con el sistema operativo Raspbian. Para acceder a Python se lo hace mediante el acceso remoto con PUTYY, con el terminal abierto se llama a Python. El programa se carga a la Raspberry Pi 3 B+ mediante WINSCP y se ejecuta mediante PUTTY. En la Figura 26-2, se muestra el código de la aplicación de software de control del prototipo.

```

import time
import serial

DEBUG = "OFF"

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 921600)
oldpressure = 1
while True:
    datos=arduino.readline()
    datos=datos.find(":")
    c=0
    while smsa > 0:
        l=len(datos)
        ctrl=datos.find(":")
        sensor=datos[0:ctrl]
        ctrl=ctrl+1
        datos=datos[ctrl:l]
        if c == 0:
            temp=sensor
            c=c+1
        if c == 1:
            tps=sensor
            c=c+1
        if c == 2:
            mapl=sensor
            c=c+1
        if c == 3:
            vnew=sensor
            c=c+1
        if c == 4:
            rpm=sensor
            c=c+1
        break
    #compensacion por voltaje
    CV = 1000 - (vnew-13.2)*200 #there is like competing with 200 and 300
    nominalFW = 1000+ CV
    AIRDENSITY = (mapl/olpressure)**0.5
    FW = nominalFW*AIRDENSITY*1
    datos.write(FW)

```

Figura 26-2: Código de la aplicación de control del prototipo.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

El código utiliza las librerías *time* y *serial* para los cálculos de obtención de la mezcla estequiométrica y comunicación respectivamente. Los datos son enviados por el puerto serial de la Raspberry Pi 3 B+ (/dev/ttyACM0) y codificado para cinco casos.

Antes de calcular los tiempos primero se debe descifrar los datos que vienen agrupados en las lecturas de los sensores, en un solo dato. Los datos de los sensores vienen encapsulados en una cadena separados mediante dos puntos (:), para lo cual se utiliza la siguiente instrucción:

datos.find(":").

2.8 Consumo de corriente y voltaje del sistema electrónico y sensores

En la Tabla 6-2 se detallan los valores de voltaje y corriente de los sensores y del sistema electrónico cuando están en estado de encendido y apagado.

Tabla 7-2: Consumo de corriente y voltaje del sistema electrónico y sensores

	VOLTAJE		CORRIENTE	
	Apagado	Encendido	Apagado	Encendido
Sensor IAT	0 V	5 V	0 m A	24 m A
Sensor TPS	0 V	5 V	0 m A	25 m A
Sensor MAP	0 V	5 V	0 m A	28 m A
Sensor ECT	0 V	5 V	0 m A	16 m A
Sensor CKP	0 V	5 V	0 m A	10 m A
Bomba	0 V	12 V	0 m A	800 m A
Sistema electrónico	0 V	5 V	0 m A	680 m A

Realizado por: Ostaiza, R. 2019

2.9 Programa de transmisión de datos de los sensores implementados en el prototipo

La tarjeta Arduino Uno R3 lee los datos proporcionados por sensores analógicos: TPS, CKP, IAT, MAP y ECT. El sensor de temperatura CKP con la ayuda de las librerías *dallas* y mediante interrupciones calcula las revoluciones por minuto del motor de la moto y activa el inyector con la información proporcionada mediante código IDE de la Raspberry Pi 3 B+.

El Arduino Uno R3 envía un solo dato a la Raspberry Pi 3 B+, que lleva encapsulado la información de todos los sensores que conforman el prototipo electrónico.

Para establecer la comunicación serial del Arduino Uno R3 y el Raspberry Pi 3 B+, primero se debe configurar un puerto serial en el Arduino Uno R3 a través de los comandos que se muestran en la figura 27-2, luego en consola se ejecutamos el comando `$ cat /dev/ttyAMA0 9600` para establecer la velocidad (9600bps) del puerto serial de la Raspberry Pi 3 B+ y para leer los datos desde la consola se utiliza el siguiente comando:

```
$ cat /dev/ttyAMA0.
```

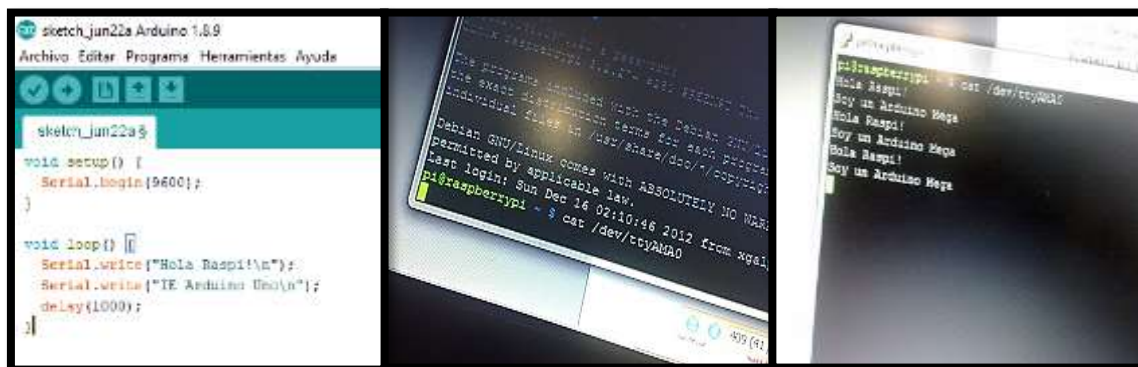


Figura 27-2: Comunicación entre el Arduino Uno R3 y el Raspberry Pi 3 B+.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

En la Figura 28-2, se muestra las líneas de codificación en el IDE del Arduino Uno R3 para mostrar los datos leídos por los sensores que conforman el prototipo

```
TOPFAN = 0;
sensorDS18B20.requestTemperatures();
EMP1 = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);

PS1 = analogRead(TPS);
PS1 = (TPS*(5/1024));
delayMicroseconds(100);
AP1 = analogRead(MAP);
AP1 = (MAP*(5/1024));
delayMicroseconds(100);
AT1 = analogRead(MAT);
AT1 = (MAT*(5/1024));
delayMicroseconds(100);
li();
PM = ((STOPFAN*60)/fanspace[fan].fandiv;
printf(DATOS, "%f:%f:%f:%f:%d ", TEMP1, TPS1, MAP1, MAT1, RPM);
erial.println(DATOS);
if RPM >= 900

if (Serial.available() > 0)
{
  for (int i=0; i <= 2; i++)
  {
    INDATA+ = Serial.read();
    FW = inString.toInt(INDATA)
  }
}
digitalWrite(PUMP, HIGH);

lse
```

Figura 28-2: Líneas de codificación de lectura de datos de los sensores del prototipo.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

2.9.1 *Desarrollo del script para el arranque automático.*

Para arrancar el Raspberry Pi 3 B+, de forma automática se necesita ejecutar el programa de Python que controla todo el sistema de inyección electrónica. Para esto se crea un script que llame al programa creado en Python con el siguiente código:

```
sudo nano /etc/init.d/automatico-init
```

Se crea un archivo con el editor nano, el cual contiene los parámetros de arranque y el patch donde se encuentra el archivo creado en Python.

```
#!/bin/sh  
# /etc/init.d/automatico-init  
### BEGIN INIT INFO  
# Provides:        detector-init  
# Required-Start:  $all  
# Required-Stop:    $remote_fs $syslog  
# Default-Start:    2 3 4 5  
# Default-Stop:     0 1 6  
# Short-Description: Script de ejemplo de arranque automático  
# Description:      Script lanza de forma automática el programa creado en python  
### END INIT INFO  
  
start)  
    /usr/bin/python /home/pi/ecu.py  
    ;;  
stop)  
    ;;  
*)
```

Posterior a eso al archivo hay que convertirlo en ejecutable mediante el siguiente comando:

```
sudo chmod 755 /etc/init.d/automatico-init
```

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo, se muestran las pruebas y resultados obtenidos por los dispositivos que conforman el prototipo de inyección electrónica. Para evaluar el prototipo se realizaron pruebas de alimentación, funcionamiento y eficiencia en el consumo de combustible. Se comprobó que sea estable y se determinó el presupuesto económico.

3.1 Pruebas de consumo de combustible.

Para las pruebas de eficiencia en el consumo de combustible, se utilizó un litro de gasolina como referencia para las respectivas pruebas y análisis en donde se obtuvieron los resultados deseados y se mide el residuo para un recorrido los 8 Km.

Esta prueba se realizó antes y después de instalar el sistema con los siguientes parámetros. Un recorrido de 8 Km a una velocidad de 50 Km/h, equivalentes a 20 vueltas a la pista atlética. La medida tomada como referencia fue la que está en el datasheet de la moto Suzuki, donde el rendimiento de consumo es de 32 Km/litro de gasolina. Por lo cual en 8 Km su consumo es de 250 ml.

3.1.1 *Pruebas del consumo de combustible con el carburador en 8 Km*

Se realizan 4 rondas de recorrido de 8 Km a una velocidad constante de 50 Km/h, para la realización de las pruebas, se tomó como referencia un litro de gasolina. Se enciende y se espera 5 segundos hasta que caliente el motor. En la Figura 1-3, se muestra cómo se llena combustible en el tanque reservorio.



Figura 1-3: Puesta de combustible en el tanque de reservorio

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Para realizar la medición del combustible consumido durante las pruebas realizadas en los 8 Km se obtuvieron los siguientes resultados, como se registra en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Datos de consumo del carburador en los 8 Km.

Nº	Recorrido (Km)	Tiempo (min, seg)	Consumo (mililitros)
1	8	9 min, 42 seg	270
2	8	9 min, 32 seg	255
3	8	9 min, 36 seg	259
4	8	9 min, 40 seg	262
5	8	9 min, 36 seg	259
6	8	9 min, 32 seg	255
7	8	9 min, 38 seg	260
8	8	9 min, 40 seg	262
9	8	9 min, 42 seg	270
10	8	9 min, 38 seg	260
Media:		9 min; 37,6 seg	261,2 mililitros

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

3.1.2 Pruebas con el inyector electrónico con una compensación de voltaje de 200.

Las pruebas realizadas con el inyector electrónico en la moto de 100 cc, basado en la información proporcionada por el datasheet del cuerpo de aceleración, indica que por cada 100 Km el consumo es de 1.9 litros. Para la comprobación se realizaron 10 pruebas en donde obtuvieron los siguientes datos que se registran en la tabla 2-3, para la cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$tcv = 1000 - (vb - 13.2) * 200$$

200 = como constante de compensación de voltaje recomendada por el fabricante.

Tabla 2-3: Datos de consumo de combustible con el inyector electrónico con una de compensación de voltaje de 200.

N°	Recorrido (Km)	Tiempo (min, seg)	Consumo (mililitros)	Error absoluto	
				Tiempo (min, seg)	Consumo (mililitros)
1	8	9 min, 59 seg	230	9-9=0 min; 59-57,4=1,6 seg	226,8-230=3,2
2	8	9 min, 55 seg	220	9-9=0 min; 57,4-55=2,4 seg	226,8-220= 6,8
3	8	9 min, 57 seg	225	9-9=0 min; 57,4-57=0,4seg	226,8-225= 1,8
4	8	9 min, 59 seg	231	9-9=0 min; 59-57,4=1,6 seg	226,8-231= 4,2
5	8	9 min, 55 seg	220	9-9=0 min; 57,4-55=2,4 seg	226,8-220= 6,8
6	8	9 min, 57 seg	227	9-9=0 min; 57,4-57=0,4seg	226,8-227= 0,2
7	8	9 min, 58 seg	230	9-9=0 min; 58-57,4=0,6 seg	226,8-230= 3,2
8	8	9 min, 59 seg	232	9-9=0 min; 59-57,4=1,6 seg	226,8-232= 5,2
9	8	9 min, 56 seg	222	9-9=0 min; 56-57,4=1,4 seg	226,8-222= 4,8
10	8	9 min, 59 seg	231	9-9=0 min; 59-57,4=1,6 seg	226,8-231= 4,2
Media		9 min; 57,4 seg	226,8 ml		
Error Absoluto		9±0 min 57,4±1,4 seg	226,8±4 ml		
Desviación estándar		0 min 1,65 seg	4,73 ml		
Coefficiente de variación		0% min 4,72% seg	9,88% ml		

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

3.1.3 Pruebas con el inyector electrónico con una compensación de voltaje de 300.

Con los datos de referencia del datasheet, del fabricante y del inyector electrónico, donde el consumo por 100 Km es de 1.9 litros. Se tomó como referencias 8km de recorrido de la moto en

la que debe consumir 152 mililitros. Para mejorar la mezcla estequiométrica de 14.7/1 (14.7 partes de aire y una parte de combustible) se calibró el inyector con la compensación de voltaje a 300 y la toma de lectura del sensor CKP cuando el pistón está en el punto máximo superior, los datos se registran en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Datos de consumo de combustible con inyección electrónica con una compensación de voltaje de 300.

N°	Recorrido (Km)	Tiempo (min, seg)	Consumo (mililitros)	Error absoluto	
				Tiempo (min, seg)	Consumo (mililitros)
1	8	9 min, 25 seg	170	9-9 = 0 min; 27,6-25 = 2,6seg	170,7-170 = 0,7
2	8	9 min, 12 seg	168	9-9=0min; 27,6-12=15,6seg	170,7-168 = 2,7
3	8	9 min, 30 seg	171	9-9=0 min; 30-27,6 = 2,4seg	171-170,7 = 0,3
4	8	9 min, 33 seg	172	9-9=0 min; 33-27,6 = 5,4seg	172-170,7 = 1,3
5	8	9 min, 25 seg	170	9-9=0 min; 27,6-25 = 2,6seg	170,7-170 = 0,7
6	8	9 min, 33 seg	172	9-9=0 min; 33-27,6 = 5,4seg	172-170,7 = 1,3
7	8	9 min, 30 seg	171	9-9=0 min; 30-27,6 = 2,4seg	171-170,7 = 0,3
8	8	9 min, 25 seg	170	9-9=0 min; 27,6 -25 = 2,6seg	170,7-170 = 0,7
9	8	9 min, 30 seg	171	9-9=0 min; 27,6-30 = 2,4seg	171-170,7 = 0,3
10	8	9 min, 33 seg	172	9-9=0 min; 27,6-33 = 5,4seg	172-170,7 = 1,3
Media		9 min; 27,6 seg	170,7 ml		
Error absoluto		9±0 min; 27,6±4,68 seg	170,7± 0,96 ml		
Desviación estándar		0 min 6,39 seg	1,25 ml		
Coefficiente de variación		0% min 0,48% seg	0,92% ml		

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

3.1.4 *Análisis de eficiencia del sistema de inyección electrónica*

En la tabla 4-3, se detalla la comparación de consumo de combustible, de acuerdo a los datos que proporciona el fabricante de 32 Km por 1 litro de combustible. En 8 Km el consumo ideal será de 250 mililitros.

Tabla 4-3: Comparación de consumo de combustible entre el fabricante, carburador e inyección electrónica

	Distancia	Consumo en mililitros	Porcentaje de consumo	Porcentaje de ahorro
Fabricante	8 km	250	100%	0%
Carburador	8 km	261,2	104.5%	- 4.5%
Inyección electrónica	8 km	226,8	86%	14 %
	8 km	170.7	68.28%	31.72%

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 4-3, a través de la cual se evidencia la diferencia del consumo de combustible entre el sistema del carburador y el sistema de inyección electrónica con una compensación de voltaje de 200, se obtuvo como resultado un ahorro de 34,4 mililitros que equivale al 14% de ahorro de combustible.

Además, se demuestra que el carburador consume mayor combustible en comparación con un sistema de inyección a una compensación de voltaje de 300, consiguiendo un ahorro de 90.5 mililitros, es decir, con el sistema de inyección electrónica a una compensación de voltaje de 300, el porcentaje de ahorro es del 31.72%, mejorando significativamente el rendimiento de litro de combustible por kilómetro recorrido.

En forma comparativa se observa en el gráfico 1-3, la representación de consumo, para los sistemas de carburador y de inyección, con sus datos respectivos.

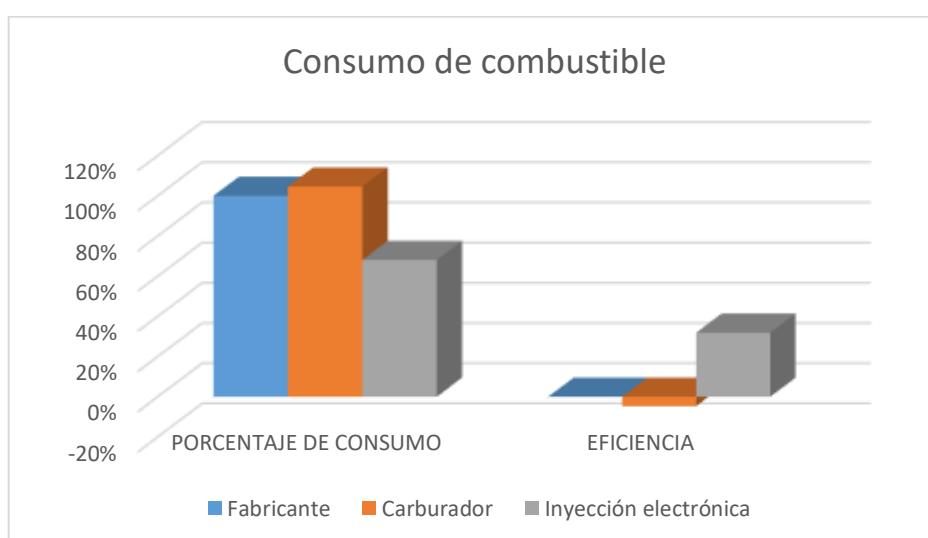


Gráfico 1-3: Eficiencia del sistema en el consumo

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Mediante el análisis del gráfico 1-3, se puede constatar que el sistema de inyección presenta una reducción de consumo del 31.72% lo que demuestra que es eficiente y que mejora significativamente el rendimiento de litro de combustible por kilómetro recorrido, frente al carburador que obtiene un 4.5% de sobreconsumo debido al desgaste mecánico.

3.2 Cálculo del tiempo de activación del inyector y densidad del aire del colector de admisión

Fórmulas para el tiempo de activación del inyector. Existen tres métodos que el fabricante del cuerpo de aceleración recomienda.

- Velocidad de densidad (SD), usan los sensores MAP, RPM y el sensor de temperatura del aire admisión para calcular la cantidad de combustible.
- Alfa-n, encendido del MAP, RPM, el sensor de posición del acelerador y la temperatura del aire de admisión.
- Mezcla SD/AN, el fabricante no recomienda el uso de este método.

Para la calibración, se usó el método velocidad de densidad. El primer paso es realizar la compensación del voltaje de batería, la variación del voltaje de alimentación afecta el tiempo de activación y desactivación del inyector,

$$tcv = 1000 - (vb - 13.2) * 200$$

donde:

tcv = tiempo de compensación del voltaje

1000 = tiempo promedio de activación del inyector en ralenti

Vb = voltaje de batería

13.2 = voltaje de batería referencial

200 = constante de compensación que el fabricante recomienda (200 o 300)

Con la compensación por voltaje ejecutamos la fórmula de método SD para encontrar la densidad de aire.

$$da = dad * \sqrt{(map/mapa)}$$

donde:

da = densidad del aire

dad = densidad anterior del aire

map = lectura del sensor MAP

mapa = lectura anterior del sensor MAP

$$1000 - (12.7 - 13.2) \times 200 = 1100us$$

con estos dos datos procedemos a calcular el tiempo de activación del inyector

$$pw = tcv * da * ve$$

Donde:

pw = ancho de pulso

tcv = tiempo de compensación por voltaje

ve= eficiencia volumétrica, el fabricante recomienda 1(100%)

Ejemplo del tiempo de activación

Se tiene un voltaje leído en la batería de 12.7 VCD, este voltaje interviene directamente en la activación del inyector, procedemos a calcular el tcv

$$1000 - (12.7 - 13.2) \times 200 = 1100us$$

La densidad inicial es 550, una presión actual de 50 psi y una anterior de 48 psi que suministra el sensor MAP

$$\left[550 \times \left(\frac{50}{48} \right) \right] \div 0.5 = 561$$

Y el cálculo de pw es

$$561 \times 1100 \times 1 = 617100 us$$

Estos 617100 us es el tiempo de activación del inyector, aquí entra en función el ángulo de desplazamiento del CKP con respecto al punto máximo superior del pistón. La figura 2-3 muestra el desplazamiento angular del sensor CKP.

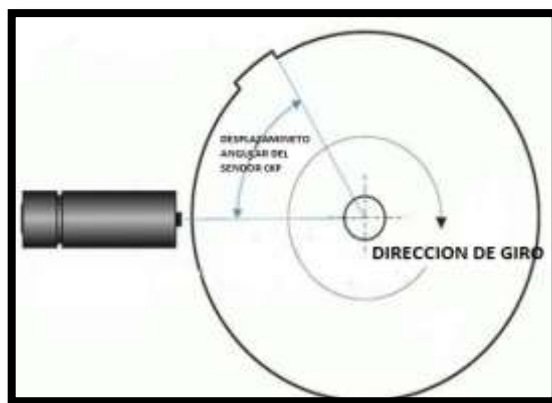


Figura 2-3: Desplazamiento angular del sensor CKP.

Realizado por: Ostaiza, R. 2019.

Tabla 4-3: Presupuesto económico del prototipo implementado

Dispositivos	Cantidad	Costo (USD)
Motocicleta Suzuki Ax 100	1	500,00
Microprocesador Raspberry Pi 3 B+	1	70,00
Microcontrolador Arduino Uno R3	1	20,00
Cuerpo de Aceleración (sensores MAP, TPS, IAT, Inyector electrónico)	1	90,00
Sensor CKP	1	25,00
Sensor ECT	1	15,00
Bomba reguladora de combustible	1	30,00
CDI (condensador de ignición)	1	8,00
Impresión 3d del Armazón para el Prototipo	1	30,00
Regulador de Voltaje lm2596	1	2,00
Batería 12V (5 A)	1	25,00
Relé electromecánico	1	3,00
Placa de interconexión de los componentes del prototipo	1	20,00
Cables de conexión	1	2,00
Total=		840,00

Realizado por: Ostaiza R. 2019.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un prototipo de inyección electrónica mediante una tarjeta Raspberry Pi 3 B+ para motores de dos tiempos de baja cilindrada de 50 a 150 cc.

Con el sistema de inyección electrónica implementado se obtuvo mejores resultados en cuanto a eficiencia de la potencia del motor con respecto a la reducción del consumo de combustible en relación a una distancia recorrida de 8 Km. Obteniendo un ahorro del 31.72% en combustible mejorando la combustión y disminuyendo la contaminación

La mezcla ideal o mezcla estequiometría se logró al combinar la parte lógica y la parte mecánica del prototipo mejorando el rendimiento del motor y evitando gases contaminantes.

Se seleccionó y dimensionó los dispositivos adecuados para la implementación de un sistema de inyección electrónica, que permite poner en funcionamiento motores de dos tiempos que por falta de repuestos en el mercado o su discontinuidad podrían ser considerados obsoletos, permitiendo repotenciarlos y ponerlos en marcha extendiendo su vida útil.

Realizadas y validadas las pruebas del sistema de inyección electrónica, se obtuvo la calibración adecuada del coeficiente de voltaje de 300 proporcionado por el fabricante del dispositivo de inyección electrónica; dando como resultado una disminución en el consumo de combustible y reducción del sonido del motor de la moto y producción de humo menos contaminante.

RECOMENDACIONES

Al calibrar los sensores se debe tener en cuenta los parámetros de funcionamiento de la moto de dos tiempos y obtener un mejor rendimiento tanto en combustible y emisión de gases.

Disponer de los datos necesarios de calibración de los sensores y actuadores para poder integrarlos y tener un funcionamiento eficiente

Se recomienda trabajar con el mismo voltaje de 5 VCD todos los componentes y actuadores del prototipo de inyección electrónica para evitar niveles bajos y altos de tensión.

Tener presente como trabaja el sistema y sus componentes para poder interpretar el comportamiento del sistema de inyección cuando presenta fallas.

Se debe alinear el sensor magnético con el cigüeñal y el pistón en su posición alta para evitar inconvenientes con la marcha de la moto.

BIBLIOGRAFÍA

Actualidad Motor: Sistemas de inyección [en línea]. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: <https://www.actualidadmotor.com/sistemas-de-inyeccion/#comments>

COELLO, S.E. *Sistemas de inyección electrónica de gasolina*. Quito-Ecuador: América, 2006, pp. 30-110.

Código, Tips y Programas Varios: Conectando la Raspberry PI al Arduino vía Serial [en línea]. [Consulta: 22 junio 2019]. Disponible en: <http://fuenteabierta.teubi.co/2012/12/conectando-la-raspberry-pi-al-arduino.html>

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE CONTROL. *Sistemas Embebidos (ES)*. [En línea]. [Consulta: 25 enero 2019]. Disponible en: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf

EcuRed. *Sistema embebido: Componentes de un sistema embebido*. [En línea]. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Sistema_embebido#Componentes_de_un_sistema_embebido

Estudias o navegas. *Clasificación de motores de combustión interna*. [En línea]. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.estudiasonavegas.com/116-acad-tropico-capricornio/361-clasificacion-de-motores-de-combustion-interna-terminologia>

FUJISAWA, Hideya; & KOIKE, Hisanori. *La Inyección Electrónica de Combustible* [En línea]. Japon: Company de Sankaido limitada, 1988. [Consulta: 12 mayo 2018]. Disponible en: http://www.fazer-hispania.com/manuales/teoría_inyección-electrónicaayta.pdf.

FONT, L. *Inyección directa para 2 tiempos, la solución que no quieren las grandes marcas* [en línea]. 2012. [Consulta: 02 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/industria/inyeccion-directa-para-2-tiempos-la-solucion-que-no-quieren-las-grandes-marcas>

GRUPO CARMAN. *Motores de motocicletas. Clasificación de los motores de motocicletas.* [blog]. 2018. [Consulta: 20 marzo 2019]. Disponible en: <https://grupocarman.com/blog/motores-de-motocicletas/>

GARCIA, G. *Componentes del sistema de inyección electrónica de combustible* [en línea]. Madrid. 2018. [Consulta: 12 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/componentes-del-sistema-de-inyeccion-electronica-de-combustible.php>

LÓPEZ, Ramón. *Motores de dos tiempos.* [blog]. 2015. [Consulta: 28 marzo 2019]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema3-maquinastermicas/06-motor-de-dos-tiempos>

MENNA. *Como funciona un motor de 2 tiempos.* [en línea]. 2018. [Consulta: 20 mayo 2019]. Disponible en: <http://como-funciona.co/un-motor-de-2-tiempos/>

MARTIN, J. *Los sistemas de inyección modernos* [en línea]. Madrid. 2017. [Consulta: 08 junio 2019]. Disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/con-el-carburador-a-punto-de-extinguirse-aqui-teneis-una-guia-basica-de-los-sistemas-de-alimentacion>

OLIVARES, J., et. al. *Sistemas Embebidos.* Instituto Tecnológico de Morelia, México. 2018. pp. 25-38. [Consulta: 2018-07-23]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322775767_Sistemas_Embebidos

PEREZ, D. “*Sistemas embebidos y sistemas operativos embebidos*” [En línea], 2009, (Venezuela), pp. 04-11. [Consulta: 05 junio 2018]. ISSN 1316-6239. Disponible en: http://www.academia.edu/16523506/Info_Sistemas_Embebidos

PRIETO AMAYA, Álvaro. *Motores de dos tiempos: Qué son, cómo funcionan, ventajas e inconvenientes.* [en línea]. 2018. [Consulta: 14 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

QUISPE, Omar. *Tarjetas Para Desarrollo De Hardware* [en línea]. 2017. [Consulta: 18 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.lightpath.io/tarjetas-de-desarrollo/>

¿Sabes cómo funciona el sistema de inyección electrónica en tu moto? [en línea]. Madrid: L. Font, 2017. [Consulta: 12 abril 2019]. Disponible en:

https://revistamoto.com/wp_rm/sabes-como-funciona-el-sistema-de-inyeccion-electronica-en-tu-moto/

SÁNCHEZ MOSQUERA, Carlos Rafael, & DELGADO GALARZA, Segundo Gregorio. Implementación de un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 para la Escuela de Ingeniería Automotriz [En línea] (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo. 2012. pp.24-. [Consulta:2018-08-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1873/1/65T00031.pdf>

SANNER, M. F. "Python: a programming language for software integration and development." *The Scripps Research Institute* [En línea], 1975, (San Diego, EE. UU), pp.01-07. [Consulta: 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.scripps.edu/sanner/html/papers/NewsAndViewsSept99.pdf>

SANTANDER, R. Jesús. *Manual Técnico Fuel Injection*. 3ª ed. Guayaquil-Ecuador: Diseli, 2006, pp. 64-87.

Universidad Politécnica de Madrid. *Sistemas embebidos*. [En línea]. Madrid. [Consulta: 20 abril 2019]. Disponible en:

www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/02_Sistemas_Embebidos_2015.pdf

VÉLEZ, José; et al.: *Visión por computador* [En línea]. 2ª ed. Madrid-España: S.L. – DYKINSON, 2003. [Consulta: 09 abril 2017]. Disponible en: <http://www.visionporcomputador.es/libroVision/VisionPorComputador.pdf>

VILAJOSANA, I. *Introducción a los sistemas empotrados*. [En línea]. Cataluña-España: CC-BY-SA, PID_00177260. pp .09-10. [Consulta: 12 julio 2018]. Disponible en: <http://cort.as/-IJgv>

XUNTA DE GALICIA. *Inyección directa de gasolina*. [En línea]. Galicia 2012, pp.9-10. [Consulta: 2018-08-05-12]. Disponible en:

<http://www.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>



ANEXOS

Anexo A Características técnicas de la motocicleta Suzuki, Ax 100.



"La Reina del Trabajo"
La **AX100** es sumamente confiable, muy robusta y sobre todo muy económica. Es la motocicleta de Suzuki que mejor se adapta a los nuevos proyectos y que es ideal para los pequeños negocios.

Características

- 100 cc, 2 tiempos
- Económica
- Confiable
- Ideal para nuevos negocios

Ficha técnica AX100

Motor
Tipo de motor - 2 tiempos enfriado por aire
Número de cilindros - 1 cilindro
Diámetro - 50 mm
Carrera - 50 mm
Desplazamiento - 98 cm³
Relación de compresión - 6.6 : 1
Sistema de combustible - Carburador MIKUNI VM20SS
Sistema de arranque - Pedal
Sistema de lubricación - SUZUKI CCI

Dimensiones y peso
Largo total - 1865 mm
Ancho total - 725 mm
Alto total - 1050 mm
Distancia entre ejes - 1215 mm
Distancia al piso - 140 mm
Altura del asiento - 780 mm
Peso seco*** - 86 kg



Peso neto** - 94 kg

Transmisión
Embrague - Disco múltiple húmedo
Transmisión - 4 velocidades
Patrón de cambios - 4 hacia abajo
Transmisión final - Cadena 4280, 112 ESABONES

Chasis, capacidades y otros
Suspensión delantera - Telescópica hidráulica con resorte
Suspensión trasera - Basculante doble amortiguador ajustable de 5 posiciones
Freno delantero - Tambor
Freno trasero - Tambor
Llanta delantera - 2.50 R18
Llanta trasera - 2.75 R18
Rin delantero - De rayas

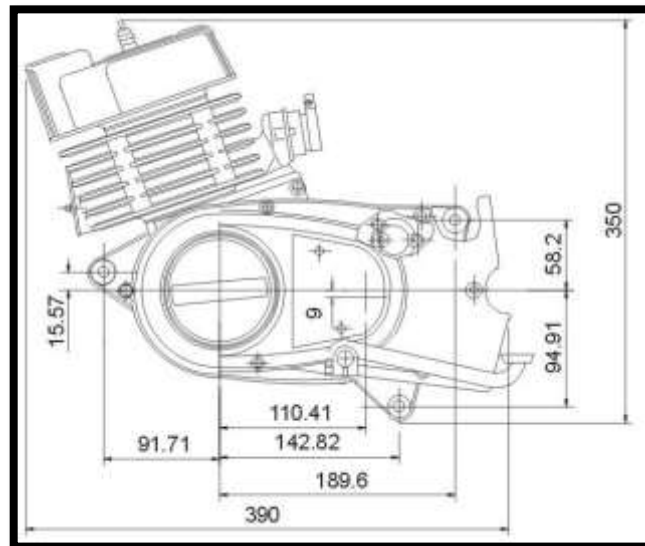
Rin trasero - De rayas

Eléctrico
Tipo de encendido - SUZUKI "PET"

Capacidades
Tanque de gasolina incluida reserva - 12 Lts
Reserva - 2 Lts
Potencia - 10 HP / 7500 rpm
Torque - 0.97 Kg-m / 6500 rpm
Consumos* - 32 Km / Lt

FUENTE: SUZUKI

Anexo B Motor de la motocicleta Suzuki Ax 100, plano dimensional.



Anexo C Sistema integrado de sensores



Anexo D Estructura compuesta, cuerpo del acelerador e inyector.



Anexo E Montaje del sistema de inyección







Anexo F Pruebas del sistema de inyección adaptado a una motocicleta Suzuki Ax100

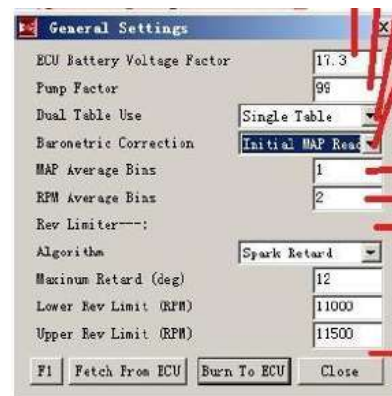




Anexo G Manual de calibración del cuerpo de aceleración



Para calibrar el voltaje de la batería, mantenga el valor original. Factor de la bomba, mantenga el valor de "99", el otro es para la bomba de impulsos en la Tabla de eficiencia volumétrica, tabla única para motor de un solo cilindro Lectura de MAP inicial: lea el valor inicial del sensor de MAP como la barométrica actual (presión de aire de altitud local), simplemente manténgala. Estos 2 parámetros cambian la suavidad de la apariencia para los cambios de puntero de los medidores en el software, no hacen nada a la ECU



Limitador de revoluciones: Límite inferior de revoluciones: menor que este valor, el limitador se cancela. Límite superior de revoluciones: más alto que este valor, el limitador se iniciará.



Control de inyección

El algoritmo de control puede ser densidad de velocidad (usando un sensor de mapa, rpm y temperatura del aire de admisión para calcular el combustible) alfa -n (ignorando el mapa y usando el sensor de posición del acelerador de rpm y la temperatura del aire de admisión para calcular el combustible) o alfa-n híbrido

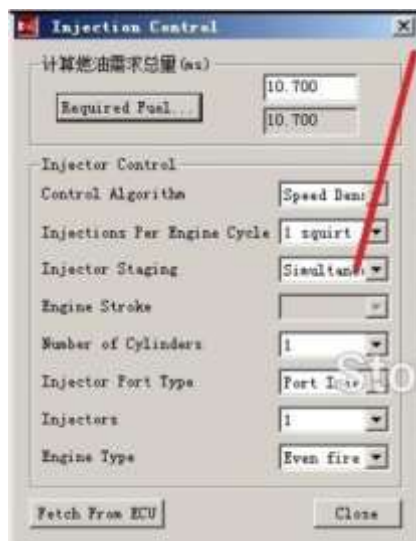
Con alfa-n usted completa una tabla de 6 * 6 (otras tablas / tabla de mapa Alpha-n) que define cómo se traduce el tps en un

mapa falso kpa que luego se usa con la tabla de 12 * 12 ve

así que la ECU usa los tps para ver el mapa en la tabla 6 * 6 (la cual debe tener un rango tps% que va del 0% al 100%) los usos que se utilizan para determinar la carga de combustible en función de la tabla cinco. La ventaja es que puede usar diferentes suministros de combustible a diferentes rpm (también hace posible las opciones de mapa / alfa-n combinados)



Inyección por ciclo del motor: este es el número de veces por ciclo del motor (2 revoluciones para un motor de ciclo de 4 tiempos una revolución para un motor de ciclo de 2 tiempos) que megasquirt disparará los inyectores (a menudo se lo conoce como el número de squirts) si elige alternar para una inyección de puerto, asegúrese de que su número de squirts sea un número par (2,4, ..) y divisible de manera uniforme en el número de cilindros. Por ejemplo, con un motor de ocho cilindros, puede usar alternativamente y 2 4 u 8 chorros / ciclo. Con seis cilindros, si elige alternar debe usar 2 o 6 chorros / ciclo.



Puesta en escena del inyector: puede ser simultánea (ambos controladores del inyector se disparan al mismo tiempo) o alternativamente (un controlador del inyector se dispara en un evento de inyección, el otro dispara en el siguiente y así sucesivamente en el 'ping-pong' de aquí para allá). Si elige alternar para inyección en puerto, asegúrese de que el número de chorros sea un número par (2,4, ...) y divisible de manera equitativa en el número de cilindros, por ejemplo, con un motor de ocho cilindros que utilice alternativamente y 2 4 u 8 chorros. /ciclo. con seis cilindros, si elige alternar debe usar 2 o 6 chorros / ciclo. Además, las

únicas combinaciones posibles para un motor de recuento de cilindros impares son una combinación de 1 chorro / simultáneo o N chorro / simultánea, donde N es el número de cilindros.



El movimiento del motor se determina según si su motor es un motor de ciclo de dos tiempos (en su mayoría motores de motocicleta y marinos pequeños para gasolina) o cuatro ciclos de arranque (la mayoría de los motores de automóviles).

Número de cilindros

Este es el número de cilindros en su motor utilizado para dividir el desplazamiento del motor en la parte superior para calcular la masa de aire por cilindro al 100% ve. Si ha establecido el número de cilindros en las ventanas de Constantes, este valor se copiará en el diálogo de combustible requerido. Si no lo ha configurado en las constantes, el valor establecido aquí se copiará del diálogo de combustible requerido al diálogo de constantes



El tipo de puerto del inyector es inyección de puerto (un inyector para cada cilindro del cilindro no comparte combustible) o cuerpo del acelerador (cada cilindro puede obtener combustible de más de un inyector, por lo general los inyectores están montados sobre el acelerador). Inyectores es el número total de inyectores. El tipo de motor puede ser uniforme en chich; las chispas se producen en el mismo intervalo a lo largo de un ciclo o un fuego impar en el que ocurren las chispas en los intervalos de varying (el fuego impar normalmente solo se encuentra en V6s con ángulos de 90 °). Esta opción no está habilitada en Código MS-II / 2,9XX, que es solo para vehículos de bomberos uniformes (a menos que se use chispa doble)

La ECU tiene 3 modos de operación (algoritmo de control):

1. Densidad de velocidad (SD): usando un sensor MAP, el rpm y la temperatura del aire de admisión para calcular el combustible.
2. Alfa-N () AN): ignorando MAP, y usando el sensor de posición del acelerador y el rpm, y la temperatura del aire de admisión para calcular el combustible
3. Doblar SD / AN: comúnmente no usamos este modo



Ecu permite a alpha-N debajo de IO_rpm una mezcla entre Io_and Hi_rpm y una densidad de velocidad superior a hi_rpm



Control de EGO (necesita un sensor de oxígeno)

Estos parámetros definen el comportamiento de circuito cerrado de la ECU. Debe tener un sensor / controlador de EGO de banda ancha o banda ancha que funcione con el código del controlador. Actualmente, el sensor de banda ancha no está superado por la ECU



Tipo de sensor EGO

Especifique un sensor de banda estrecha o un sensor de banda ancha. Funcionalmente, esto simplemente establece el sentido de la dirección del voltaje del sensor. Para sensores de banda estrecha, el perno aumenta a medida que la mezcla se enriquece y cae a medida que la mezcla se vuelve magra.

NB Objetivo de voltaje (v) (solo sensor de banda estrecha)

Este es el voltaje de punto de conmutación que indica la combustión estequiométrica (aproximadamente 14.7: 1 con gasolina) Para sensores de banda estrecha este 0.5v

Eventos de encendido por paso (solo sensor de banda estrecha) Este valor determina la velocidad a la que el algoritmo de bucle cerrado aplica la corrección, el valor

predeterminado de 32 cuando se usa en un motor de cuatro cilindros con cuatro eventos de encendido por ciclo indica a MS que espere 8 ciclos antes de cambiar el factor de corrección actual.

Tamaño de paso del controlador (%) solo sensor de banda estrecha

Una vez que el algoritmo de bucle cerrado ha decidido cambiar, el factor de corrección se suma o resta este porcentaje del valor actual. Esto debería moverse lentamente para evitar una respuesta inestable, así que asegúrese de que sea un 1% por defecto.



Autoridad Controladora

Este valor limita la corrección que puede realizar el algoritmo de bucle cerrado; el valor predeterminado del 10% indica que el factor de corrección no puede salir del rango 90-110%

esta es la temperatura por debajo de la cual se deshabilita la operación de bucle cerrado. Si este valor es demasiado bajo, entonces el bucle cerrado intentará extraer los enriquecimientos de calentamiento y es posible que

experimente un funcionamiento irregular. El valor típico es 160F y debería estar un poco por encima del punto en el que se detiene el enriquecimiento de calentamiento (vea la configuración más baja de los contenedores de enriquecimiento de calentamiento que contiene 100)

Activo por encima de RPM

Este valor especifica el límite de rpm inferior por encima del cual se produce la operación de bucle cerrado. Por lo general, su motor estará inactivo cuando es más rico que el stoich, por lo que apagar el circuito cerrado a bajas RPM permite que esto suceda. El valor predeterminado

para el límite de RPM es 1200

Activo por debajo de TPS (%)

Este valor especifica el límite de voltaje del sensor de posición del acelerador superior por debajo del cual se desarrolla la operación de bucle cerrado. Esto evita que la operación de bucle cerrado incline el motor a toda velocidad.

Activo debajo del MAP (kpa)

Este valor especifica el límite de presión absoluta del colector superior por debajo del cual ocurre la operación de bucle cerrado. Esto evita que la operación de lazo cerrado incline el motor hacia afuera bajo carga



Control automático de mezcla (AMCOption):

(No se usa con la opción MAF-Only) El control automático de mezcla (AMC) permite que la ECU ajuste la tabla de VE en función del sensor de gases de escape sin una computadora portátil conectada como las ECU de OEM.

Control automático de la mezcla.

Deshabilitado: no hay actualización automática de mezcla de tablas de alimentación

Solo en RAM: las actualizaciones automáticas de las tablas de RAM VE se perderán al apagarse si no se guardan

grabar en ECU: también actualiza automáticamente las tablas FLASH VE

Control de mezcla objetivo: el objetivo de la relación de combustible de aire (AFR) por lo general debe ser 14.7: 1

tamaño de paso (%) (AMCStep):% de la corrección de AMC que se aplicará cuando se actualice la RAM VE. Un valor típico es el 10%. Este mens aplica el 10% del cambio entre el valor antiguo de VE y el valor de VE ajustado a las tablas



Cambio de VE mínimo (%) (AMCdve: el cambio de VE de AMC más pequeño que se aplicará a la tabla en la RAM, si el cambio es menor que este, se ignorará (hasta que alcance el umbral).

Tolerancia de vértice (RPM) (AMCve_drpm): lo más lejos que el contenedor de rpm más cercano puede estar ausente y aún se aplica el cambio de AMC a la entrada

Tolerancia de vértice (kpa) (AMCve_dmap): lo más lejos que el contenedor de kpa más cercano

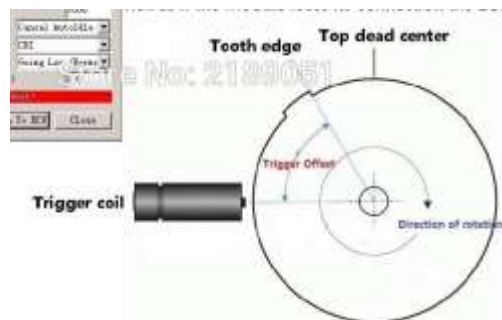
puede estar alejado y aún se aplica el cambio AMC a esa entrada

Intervalo de cambio de tabla (sec) (AMCramve_dt): es el tiempo mínimo (en segundos) entre las actualizaciones de la tabla RAM VE

Intervalo de actualizaciones de flash (segundos) (AMC_thesh): es el tiempo mínimo (en segundos) entre las quemaduras de flash de la tabla de memoria RAM (solo se usa cuando se selecciona la actualización FLASH)



El desplazamiento del disparador (grados) (adv_offset en el código) es el avance antes (o después) del punto muerto superior (BTDC) que el motor recibe en su señal del reluctor variable (VR) del motor o del sensor de hall. En algunos casos, se utilizará la sincronización de base para el arranque, así como si el módulo pierde su conexión, la ECU



Omitir impulsos (no_skip_pulses): es el número de impulsos de encendido en el inicio que usa la ECU para calcular las rpm antes de enviar señales de avance calculadas

El algoritmo de predicción de RPM es el esquema utilizado para anticipar la cantidad de tiempo antes del siguiente TDC incluso (para programar adecuadamente los eventos de combustible y chispa) Puede ser el último intervalo o el filtrado alfa-beta-bamma Último intervalo: esto simplemente utiliza el intervalo las entre los

pulsos del tacómetro como la mejor estimación para el intervalo de nido

Por favor, manténgalo con el último intervalo

Ganancia del predictor (%) mantenga el valor original



La tolerancia de pulso siguiente (%) (tolerancia de pulso) es la tolerancia durante la cual el siguiente pulso no puede contar como un pulso verdadero y se cuenta como un disparador falso; esto permite que el código tenga alguna forma de saber que los pulsos de tacómetro no son llegar de una manera consistente con la configuración. La tolerancia es una verificación del porcentaje de cambio en los tiempos entre los pulsos del tacómetro entre los dientes y la rueda dentada faltante MN.

Las siguientes tolerancias de impulsos están diseñadas para errores de cateterismo y ajustan el conteo de taquicardia / diente (o restablecen el encendido) cuando se produce un error. Tenga en cuenta que, a diferencia de las siguientes tolerancias de impulsos, el tiempo y el porcentaje de enmascaramiento anterior están diseñados para evitar disparos falsos que podrían crear un tacómetro adicional eventos que eran falsos.

Arranque: esta es la siguiente tolerancia de pulso al arrancar (enginebit = 3): debe establecerse bastante alto. Esto se debe a que la velocidad del motor de arranque puede variar un poco, dependiendo de la compresión y qué cilindros suceden primero para alcanzar las condiciones de encendido, etc.

Inicio posterior: esta es la siguiente tolerancia al impulso mientras el enriquecimiento posterior está activo, y en general debe ser inferior al valor al arrancar si encuentra que debe sintonizar esto para obtener una señal de tacómetro limpia (aunque el valor predeterminado después del inicio puede ser más alto que el valor de arranque predeterminado).

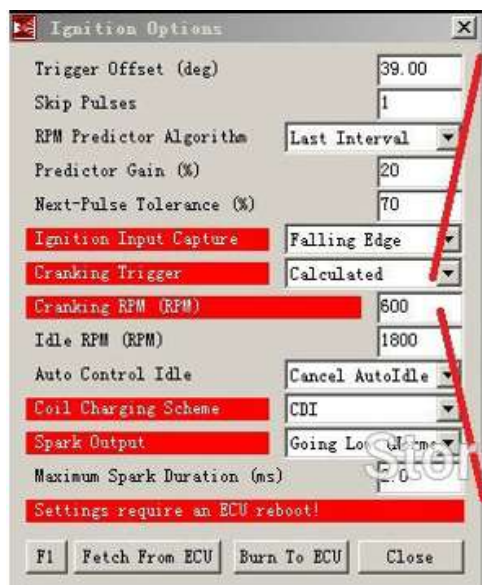
Funcionamiento normal: esta es la siguiente tolerancia al impulso una vez que finaliza el enriquecimiento posterior, y debe ser el más bajo de los tres (ya que la velocidad del motor es más estable en condiciones normales de funcionamiento: hay más inercia de rotación y menos variaciones en cosas como el aire / mezclas de combustible. Además, si tiene un sensor VR, la señal es más fuerte, etc.)

En todos los casos, ajuste los números anteriores para obtener la señal más limpia durante el arranque, durante el arranque posterior o durante ellos, de modo que el funcionamiento normal sea menor que el arranque posterior, que a su vez debería ser menor que el arranque. En su lugar, haga lo que funcione mejor para su instalación.



Captura de entrada de encendido (ICIng Option Bits 0-3) –Cambios requiere un reinicio de la ECU: este es el 'borde' de la señal del tacómetro que su controlador debe reconocer como una señal de posición del cigüeñal. Puede ser un "borde ascendente" o un "borde descendente". El flanco ascendente significa que el punto de activación está en una transición de voltaje de señal baja a alta. El flanco descendente significa que el punto de activación está en la transición de alto a bajo voltaje. El borde correcto de la señal de entrada es el evento que debe indicar que se ha alcanzado la sincronización base (Desvío

avanzado). Por ejemplo, el módulo HEI de 7 pines de GM toma la señal del reductor variable y genera un pulso de voltaje positivo cuando se alcanza el punto de avance de la base. En este caso, se elige el 'Rising Edge', ya que la transición positiva se utiliza como un disparador. Obtener el borde de señal correcto es especialmente importante con las señales del sensor VR.



Arranque del gatillo: los cambios requieren un reinicio de la ECU. Esto puede ser "calculado", de la manera normal, o puede tener la chispa cuando el "disparo de retorno", es decir, el borde opuesto a la "Captura de entrada de ignición" especificada anteriormente. El retorno de disparo esencialmente utiliza la configuración básica del módulo (es decir, la sincronización del borde de la señal especificado como la 'Captura de entrada de encendido' arriba) para la sincronización de arranque.

RPM de arranque (RPM): Máx. Velocidad de arranque, este es el RPM del motor por debajo del cual se utilizarán los anchos de pulso de arranque (en una inyección por evento de encendido), y se ignorarán las tablas MAP e IAT, VE, retroalimentación EGO, etc. El ajuste de la velocidad de arranque debe estar por encima de su velocidad de arranque real en al menos 50 a 100 rpm. De lo contrario, nunca estás en modo de arranque. Por lo tanto, la velocidad de arranque se debe establecer en algún lugar entre su velocidad de arranque real y la velocidad de ralentí (la mayoría de los motores giran entre 160 y 500 rpm, por lo que la velocidad de arranque se establecerá entre 300 y 700 rpm).

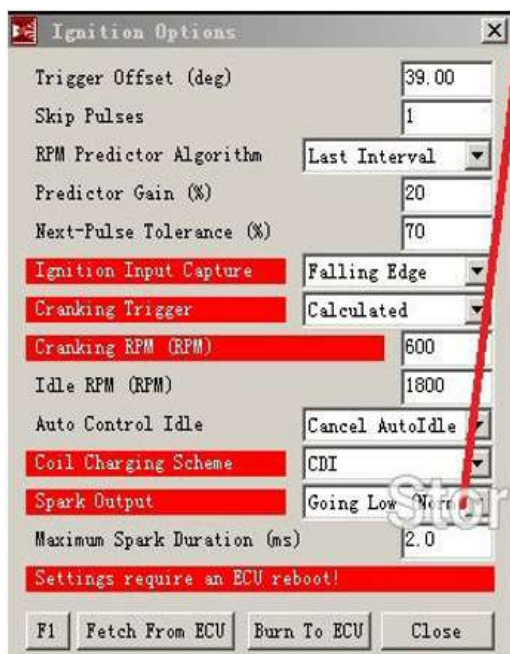


RPM inactivo (RPM): la ECU puede repararse automáticamente al reducir el avance de encendido, este parámetro le dice a la ECU cuántos RPM quiere que corrija la ECU.

Control automático inactivo: habilitarlo / deshabilitarlo

Esquema de carga de la bobina: (ICIgnOption Bits 4-7): los cambios requieren un reinicio de la ECU. Esto se usa para especificar si la chispa se produce en el borde descendente de la señal de salida ("Carga de la bobina estándar" como HEI) o la sincronización de la chispa es generado por el módulo de encendido

(EDIS, etc.) En un sistema estándar, la bobina se 'parquea' cuando se interrumpe la corriente a la bobina. Esta es la opción de 'carga estándar de bobina' y se utiliza con el módulo HEI de 7 clavijas GM, por ejemplo. Sin embargo, con el sistema EDIS y otros, es la duración del pulso lo que determina el tiempo, no el tiempo real del pulso, por lo que seleccionaría la opción EDIS.



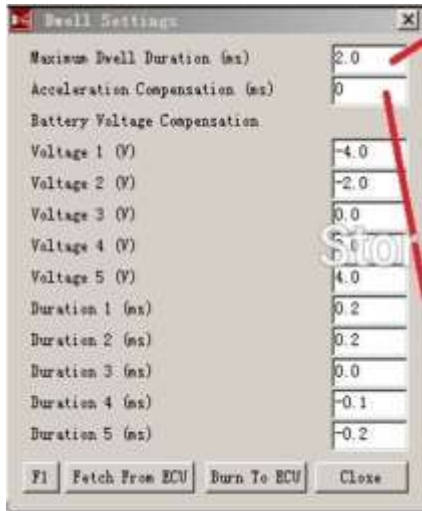
Salida de chispa (spkout_hi_lo): los cambios requieren un reinicio de la ECU. Usted puede elegir entre chispa cuando baja (masa) o chispa cuando va alta.

Sin embargo, tenga en cuenta que la terminología se desarrolló para las unidades MS-II (no CAN) originales, que tenían un transistor adicional en la ruta de salida de encendido.

Este transistor invirtió la señal. El resultado es que con los MS-II habilitados para CAN posteriores, en los que se eliminó el transistor de encendido adicional para dejar espacio para el chip CAN,

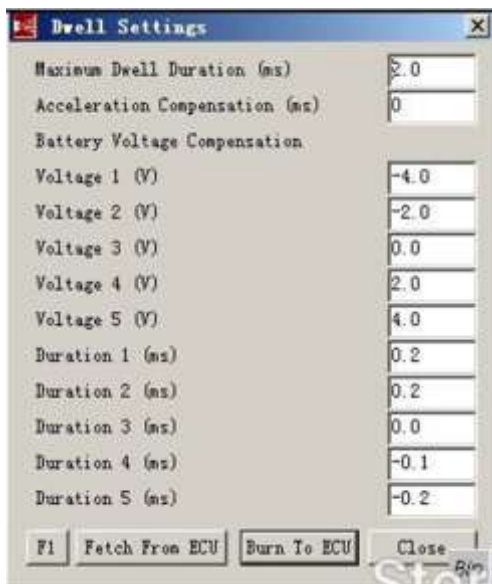
debe seleccionar el opuesto de la salida descrita. Es decir. seleccione baja (normal) si desea generar chispas cuando la salida del procesador sea alta y viceversa. Use las opciones y valores predeterminados a menos que tenga una razón para hacerlo de otra manera.

La duración máxima de chispa (ms) (max_spk_dur) es la cantidad de tiempo que la ECU intenta esperar antes de iniciar el ciclo de carga.



La duración máxima de permanencia (ms) (max_coil_dur) es el período más largo que se permite cargar la bobina: demasiado tiempo y puede quemar su bobina, demasiado corto y la chispa puede ser débil. Normalmente este valor está entre 2.0 y 4.0 milisegundos.

La Compensación de aceleración (ms) es la cantidad de tiempo que se agrega a la duración cuando se activa el enriquecimiento de aceleración.



Compensación de voltaje de la batería (deltV_table & deltDur_table) es el tiempo agregado a la permanencia para compensar el bajo voltaje de la batería. Puede seleccionar tanto los niveles del contenedor de disparo (V) como la duración agregada al tiempo de espera (ms). Establece los voltajes como 'compensaciones' de doce voltios. Por ejemplo, una configuración de Voltaje 3 (V) de 0.0 significa la compensación de duraciones aplicada a 12 voltios. Como otro ejemplo:

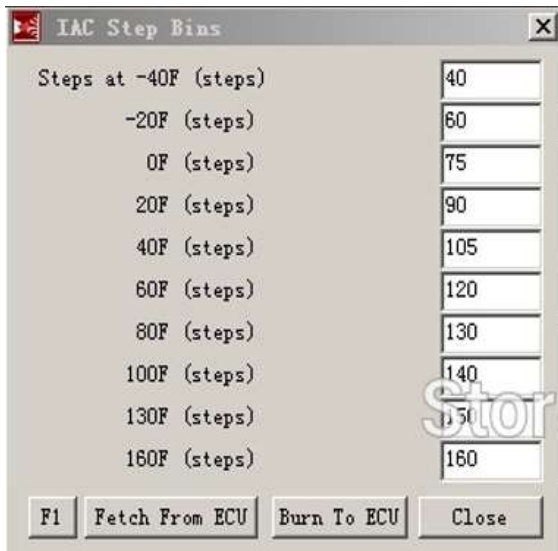
En general, debe tener pequeños números positivos en los contenedores negativos y pequeños números negativos en los contenedores positivos. NO reorganice el orden de los depósitos de voltaje.

Los depósitos de -4.0 y -2.0 son útiles para generar una buena chispa para el arranque.

Bin	Voltage (V)	Dwell (ms)	Description
1	-4.0	2.0	Increases dwell by 2.0 milliseconds at 8.0 Volts
2	-2.0	0.9	Increases dwell by 0.9 milliseconds at 10.0 Volts
3	0.0	0.0	No compensation is applied at 12.0 volts
4	2.0	-0.5	Decreases dwell by 0.5 milliseconds at 14.0 Volts
5	4.0	-0.9	Decreases dwell by 0.9 milliseconds at 16.0 Volts

Tenga en cuenta que la tensión de funcionamiento normal suele ser de aproximadamente 14 voltios, lo que en este caso eliminaría 0,5 milisegundos. Tenga mucho cuidado de no colocar

números demasiado grandes en estos contenedores. Ahora su motor puede funcionar o funcionar mal con grandes números negativos, y puede quemar la bobina con grandes números positivos.



Temperature (°F)	Steps
-40F	40
-20F	60
0F	75
20F	90
40F	105
60F	120
80F	130
100F	140
130F	150
160F	160

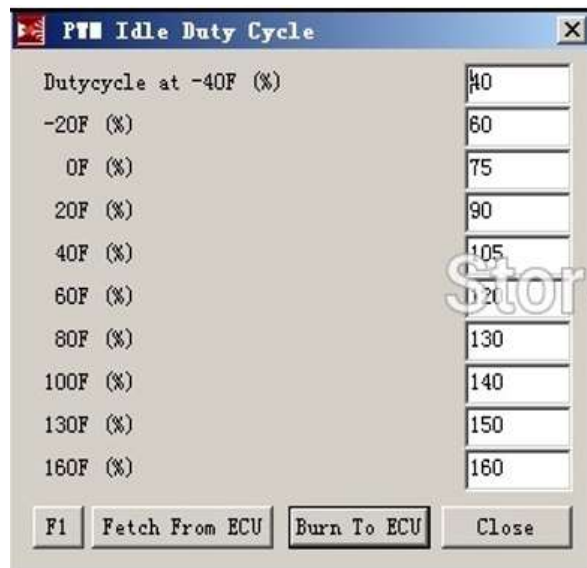
Buttons: F1, Fetch From ECU, Burn To ECU, Close

Pasos de inactividad (solo en la válvula del motor paso a paso de ECU / IAC)

Esta tabla le dice a la ECU cómo posicionar el motor paso a paso IAC a varias temperaturas. Hay diez depósitos de temperatura cuando se selecciona el 'Controlador de aire inactivo (IAC) en Control → Algoritmo tardío.

En la puesta en marcha, la ECU 'retrae' (abre) el motor paso a paso en la cantidad de pasos especificados en el campo 'Control de ralentí /

valor de inicio'. El número especificado en esta tabla es cuántos pasos se cierra el paso a paso cuando la temperatura del refrigerante alcanza la temperatura especificada. Por lo tanto, si desea que el paso a paso se cierre completamente al ralentí, debe configurar la última bandeja (160 ° F) para que sea igual al valor de inicio.



Temperature (°F)	Duty Cycle (%)
-40F	40
-20F	60
0F	75
20F	90
40F	105
60F	120
80F	130
100F	140
130F	150
160F	160

Buttons: F1, Fetch From ECU, Burn To ECU, Close

Ciclo de trabajo de PWM inactivo (solo válvula inactiva de PWM)

Para aquellos que tienen válvulas de ralentí de estilo PWM (típicamente Ford, así como otras), esta es la tabla de diez elementos que especifica el ciclo de trabajo (en porcentaje) a cada una de las diez temperaturas. Generalmente, las temperaturas más altas requieren ciclos de trabajo más altos.

1. Densidad de velocidad (SD): (usando un sensor MAP, las rpm y la temperatura del aire de admisión para calcular el combustible)

2.Alpha-N (AN): (ignorando MAP, y usando las rpm, el sensor de posición del acelerador y la temperatura del aire de admisión para calcular el combustible).

3. Híbrido (mezcla) Velocidad de densidad / Alpha-N (MAP / Alpha-N).

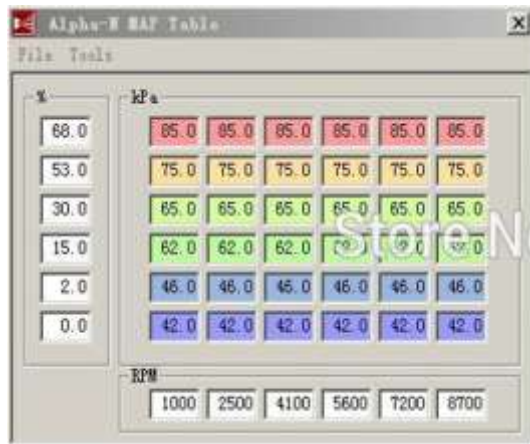


Tabla Alpha-N MAP: con Alpha-N (configurada en ' Configuración / Control de inyector '), rellena una tabla 6x6 que define cómo se traduce el TPS en un MAP kPa 'falso ' que luego se usa con el VE 12x12 mesa.

Así que la ECU usa el TPS para buscar el MAP en la tabla 6x6 (que debería tener un TPS% de 0% a 100%), luego lo usa para determinar la carga de combustible basada en la tabla VE. La ventaja es

que puede utilizar diferentes suministros de combustible a diferentes rpm (también hace posible las opciones combinadas de MAP / Alpha-N).

Si desea que el alfa-N básico con el combustible dependa solo de la posición del acelerador, solo haga que las tablas 6x6 sean iguales al TPS% a lo largo de cada fila. Tenga en cuenta que los valores predeterminados pueden no ser apropiados (en algunos casos, se pueden usar para almacenar otras variables).



VE Tabla X (MAP o MAP / baro)

Toda interpolación en la ECU utiliza puntos finales de la tabla (NO extrapolación) cuando el valor de indexación excede los límites de la tabla, pero ese hecho es especialmente importante cuando se consideran los

cálculos de la eficiencia volumétrica de la tabla VE. Esto significa que, si la bandeja de MAP más grande contiene el 100%, cualquier valor de MAP sobre este producirá el 100% (para un RPM dado). Esto NO significa que el ancho del pulso sea el mismo para las lecturas de MAP de 100

kPa y 200 kPa, el valor del MAP se usa para escalar el ancho del pulso en consecuencia, por lo que para este ejemplo obtendrá el doble de combustible.

Para aclarar cómo se utilizan todos estos factores, el cálculo del ancho de pulso básico (que no contiene enriquecimientos, etc.) es.

$$PW = PW \text{ nominal} * \text{Densidad de aire} * VE$$

En EFITune, el ancho de pulso nominal se llama Combustible Reforzado. Este número da un valor (en milisegundos) que proporciona exactamente la cantidad correcta de combustible para la combustión estequiométrica cuando la temperatura es 70 F, la presión atmosférica es 100 kPa y el motor está funcionando a Eficiencia volumétrica 100%. La densidad del aire se calcula a partir de MAP y la temperatura del aire.

La eficiencia volumétrica es una función de muchos factores (diseño del tracto de admisión y de escape, forma del lóbulo del árbol de levas, etc.) pero puede caracterizarse muy bien para un motor dado por MAP y RPM. Podría seguir con la resonancia y el flujo laminar, pero es suficiente para decir que con un MAP bajo (30 kPa), la VE es típicamente muy pobre debido a los efectos de la turbulencia, por lo que la VE es baja (quizás un 10-30%). En los valores de MAP de 100 kPa y superiores, la curva de par es un reflejo cercano de la curva VE, por lo que se espera que los valores de VE alcancen su punto máximo aproximadamente en el mismo punto.

Nota muy importante Los valores de VE en la ECU no reflejan el VE real en su motor, ya que, por lo general, no desea ejecutar una combustión estequiométrica en todos los regímenes operativos. Son valores combinados que dan el VE multiplicado por cualquier enriquecimiento o mejoras que desee. Cuando su motor turbo está funcionando a 250 kPa y tiene un verdadero VE del 100% a 14.7: 1 AFR, ingresaría 111% para obtener 13.2: 1 AFR.

VE Tablas de entradas

El valor del combustible requerido determina el ancho de pulso ideal al 100% Ve. Las entradas en esta tabla escalan ese valor para determinar el ancho del pulso real (descuidando todos los factores de corrección y los enriquecimientos). Como tal, tanto el combustible requerido como las entradas de la tabla de VE son más o menos arbitrarios, pero es útil hacerlos lo más cerca posible de correctos. En otras palabras, si su valor de combustible requerido es de 15 ms y la entrada de la tabla de VE que se está utilizando es del 100%, podría alcanzar el mismo ancho de pulso con 10% y 150%, respectivamente. También es importante entender que estos valores de VE no indican la cantidad de combustible entregado a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si tiene una fila en la tabla que es del 100% en todos los ámbitos, entonces el combustible entregado es proporcional a las RPM. Digamos que el motor está funcionando a 2500 RPM y el ancho de pulso

es de 12.0 ms, pero esto entrega el doble de combustible porque habrá el doble de eventos de inyección en un intervalo de tiempo determinado.

MAP Bins

Las bandejas MAP definen el rango en el que puede variar los valores de VE utilizados para los cálculos de ancho de pulso. Estos valores están en kPa (absolutos) y pueden variar de 0 a 255 kPa; por lo general, de 0 a 100 para un motor de aspiración natural y de 0 a potencia máxima en un turbo o sobrealimentado. El mayor valor podría ser el 100%, incluso para un motor turbo, SI desea que el combustible en impulso sea linealmente proporcional a MAP. Sin embargo, normalmente, desea que algunos valores por encima del valor de 100 kPa agreguen combustible como refrigerante al aumentar la presión. Esto podría resultar en una tabla como esta: MAP VE (%) ...
100 80 150 100 200 100 250 120 4000 RPM para asegurar que se suministre combustible adicional cuando se aplique boost. El bajo valor del contenedor de MAP debe ser de alrededor de 20 kPa para un motor tipo stock y el valor máximo debe estar alrededor de la presión máxima que espera que su motor vea (100 kPa para motores de aspiración natural, algo más que el impulso máximo en un turbo o sobrealimentado motor para darte un poco de altura). Los valores de la bandeja MAP se almacenan en ECU como "KPARANGEVE".

RPM Bins

Las bandejas de RPM definen el rango en el que puede ajustar el VE en función de la velocidad del motor. Si tiene una curva de torsión representativa para un motor como el suyo (lo ideal es que se trate de una carrera de dina, pero probablemente sea tan buena como la de uno de los muchos paquetes de simulación de motores disponibles), puede establecer el espaciado de estos valores a partir de eso.

Encuentre los lugares en el gráfico donde las curvas se "doblan" más rápido (es decir, tiene una segunda derivada grande, generalmente desde inactivo hasta cerca del pico de torque) y use intervalos de RPM más pequeños sobre estos. Para tramos largos donde la curva es recta, pero no necesariamente horizontal, puede usar un agarre más grande en los contenedores. La razón de esto es que el algoritmo va a hacer una interpolación lineal entre estos puntos (es decir, que va a jugar a conectar los puntos), por lo que tendrá un error más pequeño entre los puntos de los contenedores si elige el pozo. Es habitual que el extremo inferior de la curva de torque esté bien representado, hasta el punto de inactividad, y el extremo superior debe estar cerca del valor de la línea roja. Para un motor de calle, la curva de torque generalmente disminuye rápidamente en la línea roja, dictando que usted tiene ese valor máximo cerca de la línea roja. En un motor de carrera, usted está mucho más cerca del pico de torsión, por lo que probablemente agrupará los

valores del contenedor de RPM más firmemente allí para un control más preciso sobre el rango de entierro.

Los valores de la bandeja de RPM se almacenan en su controlador de la ECU como "RPM RANGE".



Expediente

Exportación de tablas puede exportar o importar archivos VEX a cualquiera de las tablas de VE, AFR o igniciones. Use el cuadro de diálogo 'Table / XX Table / Files / VE Table Export' para exportarlos. Todos estos se guardan en formato VEX, por lo que debe dar nombres descriptivos a sus archivos guardados.

Importación de tablas: puede exportar o importar archivos VEX a cualquiera de las tablas de encendido, VE, AFR o ignición. Utilice 'Table / XXX Table / Files / VE Table Import' para importarlos. Todos estos se guardan en los archivos VEX de diferentes tamaños y se ajustan automáticamente para que coincida con el tamaño de la tabla actual. Salir - deja el cuadro de diálogo de edición.



Herramienta

El contorno le da un 'gráfico de contorno' de su tabla, que muestra visualmente lo suave que es variando el color según las entradas de la tabla.

Debido a que la ECU interpola entre los valores de bin en la tabla, el gráfico de contorno ofrece una vista realista de cómo se utilizará la tabla.

Transformación de tabla le da la capacidad de:

- '**Escala**' toda la tabla por un factor (1.0 resulta en la misma tabla, 2.0 duplica todos los valores),
- '**Desplazar**' toda la tabla por el número especificado de unidades de% VE, por ejemplo, al ingresar 2.0 se agrega el 2% a cada entrada de la tabla VE.

VE Específico

Advertencia

Las tablas de VE generadas son solo estimaciones, a veces estimaciones muy deficientes, y el uso irreflexivo de la tabla puede destruir su motor. Debe ajustar su motor después de generar la tabla VE, especialmente en las partes de carga alta de la tabla, para asegurarse de que su motor tenga suficiente combustible para que no detone o se incline y queme algunos pistones. Se hizo todo lo posible para garantizar que este generador produzca una tabla VE para el modo de densidad de velocidad, no para el modo alfa-N.